



(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : A61C 1/07, 5/02, A61B 17/32, B06B 3/00, G10K 11/02	A2	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 95/22938 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 31. August 1995 (31.08.95)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP95/00710 (22) Internationales Anmeldedatum: 27. Februar 1995 (27.02.95) (30) Prioritätsdaten: P 44 06 323.7 27. Februar 1994 (27.02.94) DE (71)(72) Anmelder und Erfinder: HAHN, Rainer [DE/DE]; Stäudach 34, D-72074 Tübingen (DE). (74) Anwälte: OSTERTAG, Ulrich usw.; U. und R. Ostertag, Eibenweg 10, D-70597 Stuttgart (DE).		(81) Bestimmungsstaaten: AM, AU, BB, BG, BR, BY, CA, CN, CZ, EE, FI, GE, HU, JP, KG, KP, KR, KZ, LK, LR, LT, LV, MD, MG, MN, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SG, SI, SK, TJ, TT, UA, UG, US, UZ, VN, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG), ARIPO Patent (KE, MW, SD, SZ, UG). Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>

(54) Title: DEVICE, PROCESS AND AUXILIARIES FOR THE ULTRASONIC PREPARATION OF HUMAN OR ANIMAL HARD OR SOFT TISSUES AND TOOTH OR BONE REPLACEMENT MATERIALS, AND OBJECTS OBTAINED THEREFROM

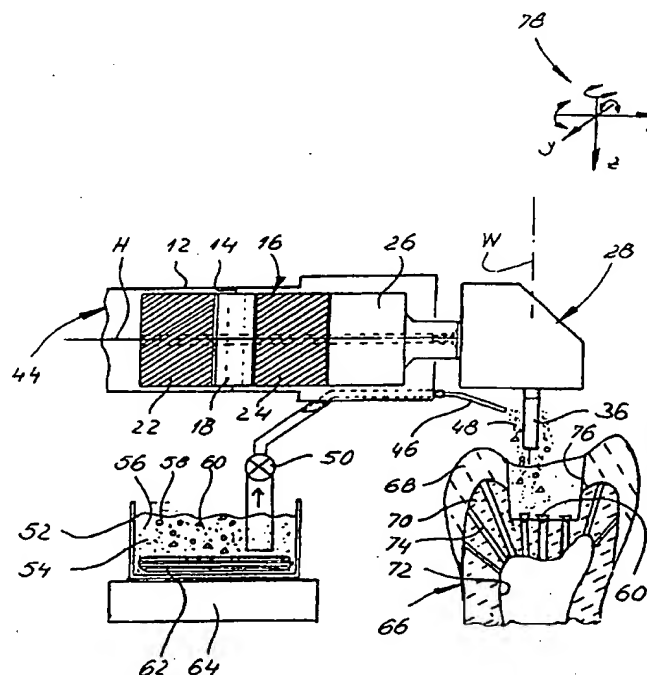
(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG, VERFAHREN UND HILFSMITTEL ZUR ULTRASCHALLPRÄPARATION VON MENSCHLICHEN ODER TIERISCHEN HART- ODER WEICHGEWEBEN UND VON ZAHN- ODER KNOCHENERSATZMATERIALIEN SOWIE HIERMIT ERHALTENE OBJEKTE

(57) Abstract

A device for the ultrasonic preparation of hard or soft tissues and tissue replacement materials has a handpiece (10) comprising an ultrasonic vibration generator (16), an ultrasonic deflection head (28) and a tool (30) supported by the output part of the latter. An abrasive treatment medium (48) is fed to the region of contact between the tool (30) and the material to be prepared (66). In this way, cavities can be made, precisely and without damage, in tooth or bone tissue, even at sites difficult of access.

(57) Zusammenfassung

Zur Ultraschallpräparation von Hart- oder Weichgewebe sowie von Gewebeersatzmaterialien wird eine Vorrichtung vorgeschlagen, die ein Handstück (10) aufweist, das einen Ultraschall-Schwingungsgenerator (16), einen Ultraschall-Umlenkkopf (28) und ein von dessen Ausgangsteil getragenes Werkzeug (30) aufweist. Dem Eingriffsbereich zwischen Werkzeug (30) und zu präparierendem Material (66) wird ein abrasives Behandlungsmedium (48) zugeführt. Auf diese Weise können Kavitäten im Zahn- oder Knochengewebe auch an schlecht zugänglichen Stellen schonend und präzise erzeugt werden.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

Vorrichtung, Verfahren und Hilfsmittel zur Ultraschallpräparation von menschlichen oder tierischen Hart- oder Weichgeweben und von Zahn- oder Knochenersatzmaterialien sowie hiermit erhaltene Objekte

05

=====

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung, ein Verfahren und Hilfsmittel zur Ultraschallpräparation von menschlichen oder tierischen Hart- oder Weichgeweben, insbesondere von Zahn- und Knochenmaterialien, und von künstlichen Ersatzmaterialien, wie sie zur Rekonstruktion von Zähnen oder Knochen verwendet werden. Sie betrifft ferner hiermit erhaltene Objekte.

15

Die subtraktive Bearbeitung natürlicher Hartgewebe, wie z.B. Zahnschmelz, Zahnbein, Zahnzement und Knochen sowie von Zahn- bzw. Knochenersatzmaterialien ist Grundlage nahezu jedes zahnärztlichen bzw. chirurgischen Eingriffes. Bis heute erfolgt die Bearbeitung der genannten Hartgewebe im Alltag mit rotierenden Diamant- oder Hartmetallwerkzeugen bzw. unter Verwendung von scharfen, z.B. meißelförmigen Handinstrumenten.

Derartige Bearbeitungswerkzeuge führen zu ausgeprägten Vibrationen, unangenehmen Geräuschbildungen und induzieren zum Teil erhebliche Schmerzen. Es besteht die Gefahr der Überhitzung der bearbeiteten vitalen Gewebe mit der Folge einer möglichen, irreversiblen Schädigung der organischen Bestandteile bzw. benachbarter Organe, wie z.B. der Zahnpulpa. Darüber hinaus ist ein selektiver Materialabtrag, z.B. kariös veränderter Zahnhartsubstanzen, unter Schonung angrenzenden gesunden Gewebes nicht möglich. Beim Schneideeingriff des Instrumentes kommt es nicht selten zu Ausprengungen und Rißbildungen innerhalb der spröden, anorganischen Gewebsbestandteile bzw. Gewebe, beispielsweise

2

bis zum möglichen Abplatzen des Zahnschmelzmantels vom Zahnbein während der Schmelzbearbeitung mit rotierenden Diamantwerkzeugen. Darüber hinaus behindert das für eine anwendungsspezifische Mindeststeifigkeit erforderliche
05 minimale Querschnitt-Längen-Verhältnis der Werkzeuge deren Handhabung in schwer zugänglichen Bereichen, wie z.B. in dünnen, langgestreckten Kavitäten, endodontischen Hohlräumen und Oberflächenabschnitten längs der Zahnwurzeln und zwischen diesen. Nicht zuletzt besteht eine hohe Ver-
10 letzungsgefahr benachbarter Weichteile durch rotierende, schneidende Werkzeuge oder durch ein versehentliches Abgleiten, z.B. von Handwerkzeugen.

Die erzeugte Kavitätengeometrie ist das Ergebnis der
15 geometrischen Form des z.B. rotierenden Werkzeuges sowie einer Relativbewegung zwischen Werkzeug und Werkstück; die Präparation konfektionierter geometrischer Formen ist nicht möglich.

20 Die indikationsspezifische Kavitätenpräparation erfolgt nach vorgegebenen Grundregeln (Expertenwissen), die jedoch aufgrund der individuell erzeugten Kavitätenformen nicht als "Informationen" zur Herstellung von z.B. Zahn- bzw. Kno-
chenersatzteilen genutzt werden können. Die Anfertigung
25 von Rekonstruktionen erfordert daher eine präzise Abformung sämtlicher bearbeiteten Oberflächen; kleinere Abbildungsfehler können nicht durch Verlaufsintegration der benachbarten, präzise abgeformten Oberflächenabschnitte, unter Berücksichtigung des Expertenwissens, korrigiert
30 werden.

Die Präparation vitaler Hartgewebe mittels Laserenergie führt zu thermischen sowie thermoschockinduzierten mecha-
nischen Schäden der bearbeiteten Hartsubstanzen bzw.
35 benachbarter Gewebe und ist im Vergleich zu konventionellen Bearbeitungsverfahren aufwendig und unwirtschaftlich.

3

Darüber hinaus ist die Präparation von definierten Kavitäten durch den unkontrollierbaren Tiefenabtrag sowie die nicht taktile, freie Handhabung der Werkzeuge erschwert. Ferner besteht die Gefahr der Schädigung der Weichgewebe durch direkte Bestrahlung bzw. Reflexionseffekte.

Die Präparation von Zahnhartgeweben mittels feiner Aluminiumoxidkorn-Strahlanlagen ist aufgrund des Abtragverfahrens, der kaum kontrollierbaren Handhabung und der zuvor notwendigen Applikation von Spannungsgummi auf ein schmales Anwendungsspektrum beschränkt und aufwendig. Darüber hinaus ist die Gefahr der Lungenschädigung des Patienten und des Behandlungspersonales durch unvermeidbare Staubbildungen hoch.

Die Präparation von Zahn- und Knochengeweben unter Anwendung von oszillierenden Werkzeugen wurde bereits vor Jahrzehnten beschrieben.

Die US 2,874,470 (High frequency dental tool, 1959) offenbart die Präparation von Zahnhartgeweben unter Anwendung magnetostriktiver, oszillierender Werkzeuge und abrasiver Flüssigkeiten.

Die DE 11 00 424 beschreibt einen in der Schwingungsknotenebene geteilten Amplitudentransformator einer Ultraschallbohrvorrichtung zur Zahnbehandlung und erleichtert somit den Einsatz verschiedener Bearbeitungswerkzeuge.

Elektromechanische und magnetostriktive (Lamellen-)Transducer sind in der US 3,075,288 zum Zwecke der Zahnbehandlung mit oszillierenden Werkzeugen unter Einsatz abrasiver Flüssigkeiten offenbart.

Die daraus hervorgegangenen, modernen Ultraschallbearbeitungswerkzeuge bestehen z.B. aus einem piezoelektrischen

Schwingungserreger mit an beiden Stirnflächen des Piezoquarzes koaxial befestigten, rotationssymmetrischen Endmassen zur Schwingungsverstärkung durch Abstimmung des Gesamtsystemes in Resonanzfrequenz. Zur Amplitudenverstärkung haben sich ferner einseitig koaxial angebrachte rotationsymmetrische Endmassen (Sonotroden) bewährt, die ebenfalls in Resonanzoszillation mit dem schwingungserregenden System abgestimmt sind und deren Querschnitt sich mit zunehmendem Abstand vom Piezoquarz bevorzugt verjüngt. Koaxial an die Stirnfläche der Sonotrode kann eine weitere, in Resonanzfrequenz abgestimmte Endmasse im Sinne eines Bearbeitungswerkzeuges angegliedert werden.

Das Gesamtsystem führt harmonische Longitudinalschwingungen längs seiner Längsachse aus, wobei die größten Amplituden an den dem Piezoquarz gegenüberliegenden Stirnflächen der Schwingungsverstärker vorliegen und das System wenigstens eine Knotenebene senkrecht zur Systemlängsachse (= Längsachse des Schwingungserregers) durch die Mitte des Piezoquarzes aufweist.

Der Betrieb der o.g. Zahnbearbeitungswerkzeuge im Ultraschallfrequenzbereich (etwa 18kHz bis 30kHz) resultiert aufgrund der physikalischen Beziehungen zwischen der Resonanzfrequenz und der Wellenlänge in ausreichenden Arbeitsamplituden des flüssigkeitsumspülten bevorzugt metallischen Werkzeuges und ermöglicht dadurch abtragswirksame Kavitationseffekte, insbesondere zur Zahnsteinentfernung. Andererseits bestimmt die Wellenlänge des in Resonanz betriebenen Ultraschallbearbeitungsgerätes dessen Baulänge in der Systemlängsachse und behindert daher die Anwendung in schwer zugänglichen Bereichen. Insbesondere ist eine Bearbeitung von Seitenzähnen durch die physiologisch limitierte Mundöffnung von etwa 40 bis 50 mm mit herkömmlichen Ultraschallbearbeitungswerkzeugen kaum realisierbar.

5

Im Bestreben, eine Lösung dieser Problematik zu finden, hat die Fa. Cavitron Ultrasonics im Jahre 1956 (US 492 924) Werkzeuge zur Ultraschallbearbeitung von Zahnhartsubstanzen beschrieben, die durch eine im Bezug zur Systemlängsachse exzentrische Massenverteilung gekennzeichnet sind. Derartige Werkzeuge sind auch durch die DE 1 258 017, die US 2, 990, 616 und einen wissenschaftlichen Artikel von H. H. Postle im J. Prosth. Dent. Vol.8, 1958, S. 153-160 offenbart. Die Schwingungsanregung der massenexzentrischen Werkzeuge in Systemlängsachse führt zur Induktion von transversalen, insbesondere ellipsoiden Raumschwingungen des Bearbeitungswerkzeuges, sodaß in jeder Raumrichtung ein Amplitudenanteil vorliegt. Dieser Amplitudenanteil ist allerdings entlang der meist senkrecht zur Systemlängsachse (Handstückachse) verlaufenden Präparationsrichtung zur Erzeugung von Zahnkavitäten nicht ausreichend. Die Raumschwingungen verhindern ferner die Ausbildung eines kontinuierlichen Flüssigkeitsfilmes zwischen dem Werkzeug und der zu bearbeitenden Oberfläche, die jedoch Voraussetzung für eine Energieübertragung und einen Materialabtrag, z.B. durch Kavitationseffekte, ist.

Ferner kommt es durch die in den verschiedenen Raumrichtungen unkontrollierbaren, teilweise hohen Amplituden zur mechanischen Schädigung der z.T. spröden Zahnhartgewebe (H. Sprange und G. Haim, ZWR Vol. 22, 1969 S. 1028-1031). Darüber hinaus resultiert die Entfernung von Zahnbelägen mittels derartiger Ultraschallwerkzeuge, die im wesentlichen noch heute unverändert in Gebrauch sind, in einer signifikanten Aufrauhung der bearbeiteten Zahnoberflächen, was die Neubildung von Belägen begünstigt. Nicht zuletzt birgt die hohe Amplitude die Gefahr thermischer Schädigungen von Hartund Weichgeweben.

Der Einsatz von z.B. zahnärztlichen Ultraschallwerkzeugen

6

- unter kontinuierlicher Wasserkühlung ist daher auf die Entfernung von supragingivalem Zahnstein beschränkt, eine Anwendung zur Präparation von definierten Kavitäten, Reinigung von subgingivalen Zahnoberflächen insbesondere in
- 05 Zahnfleischtaschen, einer wünschenswerten spanbildenden Aufbereitung endodontischer Hohlräume sowie eine Bearbeitung von Zahn- bzw. Knochenersatzwerkstoffen ist bislang nicht möglich.
- 10 Ultraschallangetriebene rotierende Werkzeuge, die herkömmliche schneidende Bearbeitungswerkzeuge einsetzen (Diamantwerkzeuge mit gebundenem Korn oder schneidende Hartmetallwerkzeuge) sind in der US 4,281,987, der US 4,289,849 sowie durch ein Übersichtsreferat von L. Balamuth, IEEE,
- 15 1963 S. 96-101 offenbart. Die Abtragsmechanismen unterscheiden sich nicht von herkömmlichen, rotierenden (luft- oder motorgetriebenen) Werkzeugen, wobei der Ultraschallantrieb vergleichsweise unwirtschaftlich ist.
- 20 Die AT 290 005 beschreibt eine Vorrichtung zur reproduzierbaren Abtragung von Zähnen mit Hilfe einer "stationären" Hülse, die scheinbar unter dem Einfluß eines "Ultraschallfeldes" steht. Das "Ultraschallfeld" ist nicht näher beschrieben, obgleich die beigefügte Graphik die
- 25 Handhabung der Hülse im Seitenzahnbereich darstellt.

- Mit den bis zum heutigen Tage bekannten Ultraschallbearbeitungsgeräten ist es aufgrund o.g. physikalischer Grundlagen, insbesondere im Seitenzahnbereich, nicht
- 30 möglich eine solche Hülse mit parallel zur Zahnlängsachse im Sinne einer Materialzerspanung wirksamen longitudinalen Arbeitsamplituden zu versehen. Lateral- bzw. Raumschwingungen würden in dieser Anwendung zu einer Überlagerung des Schwingungsbildes mit der konfektionierten
- 35 Werkzeugform und dadurch zu massiven Abbildungsfehlern beim Einsenken der Hülse führen. Eine Rekonstruktion durch in

7

Analogie zur Hülseform vorgefertigte Konfektionskronen ist bei Raumschwingungen des Bearbeitungswerkzeuges bzw. der Hülse aufgrund der aus der Schwingungsgeometrie resultierenden Forminkongruenzen zwischen den bearbeiteten Flächen des Zahnstumpfes und den Innenflächen der Restauration nicht möglich.

Andererseits ist der Einsatz von Konfektionswerkzeugen, wie der o.g. Hülse oder das in der US 2,874,470 offenbarte Werkzeug zur Präparation einer gesamten Inlaykavität aufgrund der individuellen Zahnformen und der variablen Zahngrößen wenig substanzschonend und bietet keine Sicherheit z.B. bzgl. einer vollständigen Entfernung erkrankter Gewebeabschnitte. Nicht zuletzt besteht die Gefahr einer unbeabsichtigten Eröffnung benachbarter, z.B. endodontischer Hohlräume.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Ultraschallbearbeitungs-Vorrichtung anzugeben, bei der abtragswirksame Arbeitsamplituden am Werkzeug erhalten werden, die eine wesentlich kürzere Baulänge als die bisherigen Ultraschallbearbeitungsgeräte aufweist und wie ein herkömmliches Winkel-Handstück ergonomisch günstig gehandhabt werden kann und dadurch die wirtschaftliche Verwendung eines solchen Werkzeuges in schwer zugänglichen Bereichen, z.B. bei der intraoralen Hartgewebsbearbeitung, ermöglicht.

Diese Aufgabe ist durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1 gelöst.

Diese hat mindestens einen, zwischen einem Schwingungsgenerator und einem Bearbeitungswerkzeug angebrachten Umlenkkopf, der parallel zur Längsachse des Schwingungsgenerators zur Oszillation angeregt wird und eine Abtriebsbewegung in Längsrichtung des Bearbeitungswerkzeuges

8

bereitstellt, wobei die Längsachse des Schwingungsgenerators mit der des Bearbeitungswerkzeuges einen von 0° verschiedenen Winkel bildet.

- 05 Derartige Umlenkköpfe können sogar in wesentlich geringerer Bauhöhe gefertigt werden, als das schwingungserzeugende System selbst, was das Handhaben des Bearbeitungswerkzeuges weiter erleichtert.
- 10 Die geometrische Form des die Richtung der Ultraschalloszillation ändernden Umlenkkopfes ist anwendungsspezifisch ausgebildet, und handelt es sich bei ihm um einen Schwingkörper mit mehreren Schwingungsbäuchen, die das getriebene und treibende Teil des Umlenkkopfes bilden, so bestimmt sie
- 15 zusammen mit dem(n) verwendeten Material(ien) seine Eigenfrequenz sowie die in Richtung des Bearbeitungswerkzeuges induzierte Schwingungsform.

- Besonders geeignet zur Herstellung von Festkörper-Umlenkkopf-Schwingkörpern sind elastische, bevorzugt metallische Werkstoffe, insbesondere C-Stähle mit bevorzugt martensitischem oder bainitischem Gefüge, die besonders bevorzugt oberflächenvergütet und/oder konditioniert werden, oder Titan- oder Bronzelegierungen.

- 25 Die geometrische Form von Festkörper-Schwingkörpern sollte eine elastische Oszillation derselben in Resonanz mit dem schwingungserregenden System ermöglichen, wobei sich der Schwingkörper sowohl in Längsrichtung des schwingungserregenden Systemes bevorzugt ohne Phasenverschiebung verformt,
- 30 als auch in Achsrichtungen von 60° bis 120° zur Längsachse des schwingungserregenden Systems oszilliert. Die bedeutet unter Berücksichtigung des Winkelversatzes der Koordinatenrichtungen oder bei Einführung einer gebrochenen
- 35 Koordinate, die vom Schwingungsgenerator über den Umlenkkopf durch das Werkzeug läuft, eine gleichphasige Bewegung

9

von Schwingungsgenerator-Abtriebsteil und Werkzeug.

- Das Bearbeitungswerkzeug ist am Umlenkkopf in einem Winkel von 60° bis 120°, besonders bevorzugt von 90° zur Längs-
05 achse des schwingungserregenden Systems angebracht und bzgl. seiner Form, Länge und Masse so ausgebildet, daß es in Resonanz mit dem Umlenkkopf bzw. dem schwingungserregenden System oszilliert.
- 10 Besonders geeignet zur intraoralen Anwendung sind kugelförmige, scheibenförmige oder ringförmige Umlenk-Schwingkörper mit einem Durchmesser von weniger als 30 mm, insbesondere weniger als 20 mm. Zur Verbesserung des Wirkungsgrades hat es sich ferner bewährt, hohlkugelförmige,
15 ringförmige oder insbesondere zylinderhülsenförmige Schwingkörper zu verwenden.

- Zur Verbindung des Umlenkkopfs mit dem schwingungserregenden System sowie des Bearbeitungswerkzeugs mit dem
20 Umlenkkopf eigenen sich herkömmliche Fügetechniken sowie teilbare Verbindungen. Insbesondere kann der Umlenkkopf mit dem schwingungserregenden System sowie das Bearbeitungswerkzeug mit dem Umlenkkopf verlötet, verschweißt, verklebt, verschraubt, verspannt, verkeilt, oder mit Hilfe
25 eines Friktionskonus verbunden sein, wobei sich insbesondere die Kombination einer Schraubverbindung mit einem Friktionskonus bewährt hat. Selbstverständlich kann der Schwingungsverstärker des schwingungserregenden Systems und der Umlenkkopf und/oder das Bearbeitungswerkzeug und der
30 Umlenkkopf auch aus einem Stück gefertigt werden. Generell erfolgt die Herstellung der Verbindungen in einer durch die Achse des Schwingungsgenerators und die Werkzeugachse vorgegebenen Symmetrieebene des Umlenkkopfes.
- 35 Wie gefunden wurde, eignen sich zur Ultraschallumlenkung überraschenderweise auch in geschlossene gekrümmte Umlenk-

- kanäle eingeschlossene Flüssigkeitsvolumina oder unter hohem Druck stehende Gasvolumina oder eine Kombination von beidem. Das geschlossene Flüssigkeits- und/oder Gas-System ist bevorzugt so ausgebildet, daß das Flüssigkeits- oder
- 05 Gasvolumen durch Erregung parallel zur Längsachse des schwingungserregenden Systems in Oszillation, insbesondere Resonanzoszillation, mit diesem versetzt wird. Die dadurch erzeugte Oszillation des Flüssigkeits- bzw. Gasvolumens kann dann auf ein, insbesondere durch Längen-, Form- und
- 10 Massenabgleich in Resonanzfrequenz abgestimmtes Bearbeitungswerkzeug bevorzugt ohne Induktion von Phasenverschiebungen (gekrümmte Koordinate längs der Achse des Umlenkkanales) übertragen werden.
- 15 Besonders geeignet sind Flüssigkeits- und/oder unter hohem Druck stehende Gasvolumina, die zwischen wenigstens je einer durch eine Membran dicht verschlossenen oder z.B. mittels eines beweglichen Stempels abgedichteten Eintritts- und Austrittsöffnung eines gekrümmten Umlenkkanales eines
- 20 geschlossenen Gehäuses eingebracht sind. Das Gehäuse ist anwendungsspezifisch ausgebildet, wobei die Gehäusewände durch die Oszillation der Flüssigkeitssäule nicht in Schwingung, insbesondere Resonanzschwingung, versetzt werden.
- 25 Besonders bewährt haben sich unter Ultraschalleinwirkung vorliegende, insbesondere niedervisköse Flüssigkeiten, wie z.B. wässrige oder alkoholische Lösungen, Öle, insbesondere Silikonöle und synthetische Öle, Polymere, Quecksilber, niederschmelzende Nickellegierungen oder hochkomprimierte Gasvolumina, insbesondere Edelgasvolumina von
- 30 bevorzugt mehr als 10 bar Druck, ganz besonders bevorzugt mehr als 50 bar Druck. Wo Flüssigkeiten Gase aufnehmen können, wie z.B. Wasser, wird die Flüssigkeit vor dem
- 35 Einschließen in den Umlenkkanal entgast.

//

- Für intraorale Anwendungen haben sich geschlossene, nichtrostende Metallgehäuse des Umlenkkopfes mit Flüssigkeitsfüllmengen von etwa 0,1ml bis 30 ml, insbesondere 0,5 ml bis 5 ml bewährt, die durch je eine elastische Membran, insbesondere Metallmembran, bevorzugt aus oberflächengehärtetem Federstahl, dicht abgeschlossen sind. Die beiden elastischen Membranen kommunizieren über das Füllvolumen der Flüssigkeit und/oder des Gases.
- 05
- 10 Zur Verbindung der Membranen mit dem schwingungserregenden System bzw. dem Bearbeitungswerkzeug sind sämtliche vorstehend beschriebenen Verbindungs- bzw. Fügetechniken möglich, wobei die Membranen auf der dem Füllvolumen gegenüberliegenden Stirnfläche ggf. einen Flansch aufweisen.
- 15 Es hat sich ferner bewährt die Membranen, bezogen auf die Längsachse des schwingungserregenden Systems bzw. des Bearbeitungswerkzeuges, zentrisch mit den jeweiligen Stirnflächen des schwingungserregenden Systems bzw. des Bearbeitungswerkzeuges zu verbinden. Selbstverständlich kann
- 20 die Stirnfläche des schwingungserregenden Systemes und/oder des Bearbeitungswerkzeuges wenigstens teilweise auch als Membran genutzt werden.
- Ganz besonders haben sich Membranen bewährt, die jeweils senkrecht zur Längsachse des schwingungserregenden Systemes bzw. zum Bearbeitungswerkzeug angeordnet sind. Zur Verbesserung des Schwingungsverhaltens des Umlenkkopfs haben sich ferner Membranen bewährt, deren Schichtstärke von der Peripherie (Anheftung am Umlenkkopfgehäuse) zur Mitte hin kontinuierlich abnimmt. Zur Vereinfachung der Resonanzabstimmung hat es sich besonders bewährt, für die Eintritts- und Austrittsmembran qualitativ identische Membranen zu verwenden.
- 25
- 30
- 35 Zur optimalen Oszillation der kommunizierenden Membranen bzw. der Flüssigkeitssäule sollte der Membrandurchmesser

jeweils wenigstens geringfüg größer als der Querschnitt der jeweils angekoppelten Stirnflächen des schwingungserregenden Systems bzw. des Bearbeitungswerkzeuges sein, wobei das Durchmesser Verhältnis der Eintritts- und Austrittsmembran einen direkten Einfluß auf das Amplitudenverhältnis der Eintritts- und Austrittssoszillation hat. Insbesondere haben sich zur Amplitudenverstärkung des Bearbeitungswerkzeuges ein Durchmesser Verhältnis der Eintrittsmembran zur Austrittsmembran von etwa 2 : 1, insbesondere etwa 1.5 : 1 bewährt.

Derartige Umlenkköpfe können auf verhältnismäßig kleinem Raum realisiert werden und sind leicht zu reinigen bzw. zu sterilisieren. Darüber hinaus ist das elastisch zu verformende Gesamtm Metallvolumen ausschließlich auf die beiden Membranen beschränkt, was die Wärmeentwicklung reduziert und den Wirkungsgrad im Vergleich zu den Festkörper-Umlenkköpfen erhöht.

Selbstverständlich kann der Umlenkkopf auch aus verschiedenen kommunizierenden Flüssigkeits- oder Gasvolumen oder aus Kombinationen eines Festkörper-Umlenkkopfes mit einem geschlossenen Flüssigkeits- oder Gasvolumen bestehen. Insbesondere können derartige Umlenkköpfe aus hart, z.B. metallisch, insbesondere hartmetallisch, beschichteten, niederschmelzenden Legierungen, z.B. niederschmelzenden Nickellegierungen, bestehen, die bei Raumtemperatur zunächst fest sind und während der Ultraschalleinwirkung ihren Phasenzustand im Sinne einer Verflüssigung wenigstens teilweise ändern und somit zu einer Erhöhung des Wirkungsgrades eines "Festkörper"-Umlenkkopfs führen.

Als Bearbeitungswerkzeuge eignen sich insbesondere metallische Werkzeuge, wie z.B. zylinderförmige, röhrchenförmige, flammenförmige, kugelförmige, knospenförmige oder kegelförmige Werkzeuge, wie sie z.B. auch

13

- in der Zahnheilkunde gebräuchlich sind, jedoch bevorzugt ohne oberflächengebundenes Korn. Eine Kavitätenpräparation erfolgt unter wenigstens teilweiser Einsenkung des Werkzeuges und/oder durch Relativbewegung zwischen dem Werkzeug und der zu bearbeitenden Oberfläche. Ferner können definierte Formwerkzeuge verwendet werden, die wenigstens teilweise parallel zur Formwerkzeuglängsachse in die zu bearbeitende Oberfläche eingesenkt werden.
- 05
- 10 Die Zahnreinigung erfolgt mit Werkzeugen, die ähnliche Form wie ein Golf- oder Hockeyschläger haben können oder flächige schaufelähnliche Arbeitsteile haben und gemäß der Zahnkrümmung gewölbt sind.
- 15 Zur Energieankopplung an die zu bearbeitenden Oberflächen wird das oszillierende Werkzeug kontinuierlich mit einem flüssigen oder thixotrop gelförmigen Behandlungsmedium umspült, z.B. Wasser oder wässrigen Lösungen chemischer Wirksubstanzen, sodaß zwischen dem Werkzeug und der
- 20 bearbeiteten Oberfläche eine geschlossene Flüssigkeitsschicht liegt.
- Die schnelle Auf- und Abwärtsbewegung des oszillierenden Bearbeitungswerkzeuges führt in der unmittelbaren Umgebung des Werkzeuges, insbesondere der Werkzeugstirnseite zu Kavitationseffekten sowie zur Implosion von Kavitationsblasen im flüssigkeitsgefüllten Arbeitsspalt, die in einer spanabhebenden Oberflächenumformung nichtmetallischer Materialien, im Sinne eines Erosionsprozesses resultieren.
- 25
- 30 Andererseits ermöglicht die oszillierende mikrospanabhebende Bearbeitung der Zahnhartsubstanzen eine weitgehend schmerzfreie Behandlung unter Vermeidung einer Anästhesie.
- Der Spanabtrag wird mit zunehmendem Arbeitsabstand geringer und kommt mit Abreißen des Flüssigkeitsfilmes zum Stillstand. Ein zu geringer Arbeitsabstand bei zu hohem Anpress-
- 35

druck des oszillierenden Bearbeitungswerkzeuges an die zu bearbeitenden Oberflächen wirkt der Ausbildung von Kavitationseffekten entgegen und führt zum Prozeßstillstand.

- 05 Andererseits kann durch unterschiedliche manuelle Anpressdrucke des Bearbeitungswerkzeuges gegen die zu bearbeitende Oberfläche der Arbeitsabstand und damit die Energieankopplung variiert werden, was erstmalig die Möglichkeit eröffnet, unter Verzicht auf einen
- 10 Werkzeugwechsel bzw. ohne Änderung am Bearbeitungsgerät, behandelte Oberflächen abtragend zu bearbeiten und schonend zu finieren bzw. zu polieren.

- Darüber hinaus hat es sich bewährt dem Behandlungsmedium zur
- 15 Steigerung der Abtragsleistung feine abrasive Hartkörner (nachstehend kurz: Abrasivpartikel), wie z.B. Metalloxidpartikel, insbesondere Aluminiumoxidpartikel, Magnesiumoxidpartikel, Siliziumnitridpartikel, Borkarbidpartikel oder Glaspartikel, bzw. feine Diamantkörnchen beizumengen,
- 20 wobei die Korngröße der Partikel, insbesondere für eine optimale Beschleunigung im Arbeitsspalt und eine daraus resultierende optimale Abtragsleistung, etwa in der Größenordnung der doppelten Amplitude, also dem Gesamthub der Ultraschallschwingung des Bearbeitungswerkzeuges liegen
- 25 sollten. Es hat sich bewährt Abrasivsuspensionen einer Zusammensetzung von einem Volumenanteil Abrasivpartikel auf 3 bis 50, bevorzugt 5 bis 20 und ganz besonders bevorzugt von 10 Volumenanteilen Flüssigkeit zu verwenden, wobei die Körner, z.B. durch kontinuierliches Rühren oder
- 30 durch Gasdurchflutung der Suspension, z.B. in einem auswechselbaren Vorratsbehälter, in Schwebe gehalten werden.

- Wie überraschend gefunden wurde, können die bei der
- 35 Präparation von Zahnbein eröffneten Dentinkanälchen durch zusätzliches Beimengen von Feinkornteilchen (nachstehend

15

auch: Versiegelungspartikel) in die Suspension während des Abtragsprozesses, im Sinne eines Wundverbandes, versiegelt werden. Insbesondere hat sich die Zugabe von scharfkantigen unrunder (nachstehend kurz: blockförmigen) Metalloxidfeinpartikeln, insbesondere Aluminiumoxidfeinpartikeln mit einem mittleren Durchmesser von weniger als 3 μm , insbesondere von etwa 1 μm bewährt. Bewährte Mischungsverhältnisse liegen bei einem Volumenanteil Feinkornteilchen auf 2 bis 20, bevorzugt etwa 10 Volumenanteile Abrasivpartikel.

Die erfindungsgemäße Versiegelung der während der Präparation angeschnittenen Dentinkanälchen mit Feinkornteilchen führt zu einer signifikanten Reduktion der Dentinpermeabilität und erübrigt einen aufwendigen Wundverband bzw. eine Unterfüllung.

Andererseits steht durch die zugfeste Verkeilung der insbesondere blockförmigen Feinkornteilchen in der bearbeiteten Dentinegrenzfläche erstmals ein definiertes Substrat zur Verfügung, das unter Umgehung einer problematischen Applikation von Dentinätzlösungen und/oder Dentinhaftvermittlern mit geringfügiger Haftungsverbesserung, zur Haftvermittlung von plastischen Zahnfüllmaterialien, insbesondere Polymerkomposits oder Glasionomerelementen, verwendet werden kann.

Überraschenderweise können wenigstens teilweise silikathaltige und silanisierte sowie wenigstens teilweise polymerhaltige Granulate einen direkten chemischen Verbund mit polymerisierbaren Zahnfüllmassen eingehen, wobei eine mögliche Verschiebung der Granulate in den Dentinegrenzflächen der Polymerisationsschwindung der Zahnfüllmaterialien entgegenwirkt. Ferner können wenigstens teilweise silikathaltige Granulate z.B. mit polyacrylsäurehaltigen Füllungszepten gelieren.

Die Zuleitung der Abrasivpartikel-Feinkornteilchen-Wasser-Suspension (Slurry) erfolgt z.B. über Düsen am Handstück oder Bearbeitungswerkzeug, insbesondere über eine zirkulär
05 um das Bearbeitungswerkzeug angeordnete Ringdüse oder durch etwa röhrenförmige Bearbeitungswerkzeuge. Andererseits kann bei äußerer Slurryzuleitung die Abtragseffizienz sowie die Sichtkontrolle, insbesondere bei tiefen Kavitäten, durch eine durch röhrenförmige Bearbeitungswerkzeuge
10 erfolgende Absaugung verbessert werden.

Alternativ bzw. in Ergänzung zu wässrigen Suspensionen können des weiteren etwa gelartige Kornaufschwemmungen der o.g. Abrasivpartikel und/oder Feinkornteilchen,
15 beispielsweise in Glyceringel oder Gelatine oder 1-10%-igem Chlorhexidindigluconat-Gel, verwendet werden. Die Viskosität derartiger Gele kann z.B. durch Zugabe von Aerosilen anwendungsspezifisch variiert werden und resultiert in einer möglichen selektiven Applikation, insbe-
20 sondere auch entgegen der Schwerkraft sowie in einem möglichem Verzicht auf eine kontinuierliche wässrige Schleifmittelzuführung bzw. Absaugung. Durch Ultraschalleinwirkung kommt es durch die Thixotropie des Geles zu einer selektiven Viskositätsverringerung in der unmittel-
25 baren Umgebung des oszillierenden Werkzeuges und dadurch zu effizienten Kavitationseffekten bzw. einer ausreichenden Schleifmittelbeschleunigung im Arbeitsspalt.

Besonders gut hat sich der Einsatz derartiger Gele in schwer
30 zugänglichen Bereichen, wie z.B. in Zahnfleischtaschen, Zahnzwischenräumen oder in endodontischen Hohlräumen sowie zur Ausarbeitung von Zahnrestorationen, vorzugsweise als Alternative zu einer kontinuierlichen Schleifmittelzuführung bewährt .

35

Selbstverständlich können den Flüssigkeiten bzw. Gelen auch

17

chemische Wirksubstanzen zugesetzt werden, wie z.B. Calciumchelatbildner (EDTA-Lösung) zur chemischen Unterstützung des Hartgewebeabtrages oder Natriumhypochloritlösung zur Auflösung von Weichgeweberesten, z.B. im Zuge
05 der Aufbereitung endodontischer Hohlräume oder organische Säurelösungen zur gleichzeitigen Entfernung bearbeitungsinduzierter Schmierschichten und/oder zur mikromorphologischen Umstrukturierung der bearbeiteten Oberflächen oder Wirksubstanzen zur Reduktion der Keimzahlen an
10 den behandelten Oberflächen bzw. in deren Umgebung (z. B. Keimreduktion in Zahnfleischtaschen).

So hat es sich z.B. zum selektiven Abtrag von kariösen Zahnhartsubstanzen bewährt auf die Zugabe von groben
15 Abrasivpartikeln zu verzichten und statt dessen Flüssigkeiten bzw. Gele unter Zugabe von etwa Natriumhypochloridlösung zu verwenden.

Selbstverständlich können auch hochvisköse Flüssigkeiten,
20 z.B. Polymerkomposits unter Ultraschalleinwirkung thixotrop verflüssigt und z.B. als Befestigungskomposits zwischen Zahnkavitäten und mit Ultraschall beaufschlagten Zahnrestaurationen zu einem dünnen Film ausgepresst werden.

25 Die in der Zahnheilkunde durch spanabhebende Entfernung kariöser Zahnhartsubstanzen resultierenden Hartgewebsdefekte werden zur Verbesserung etwa der Stabilität oder der Randständigkeit der einzugliedernden Restaurationen unter Beachtung exakter Präparationsrichtlinien (Expertenwissen),
30 im Sinne von Kavitäten bzw. Zahnstümpfen präpariert.

Intraorale Kavitäten, z.B. zur Aufnahme von Einlagefüllungen oder Teilkronen, können jeweils in ein oder mehrere, im Sinne des Expertenwissens definierbare, okklusale Kavitätensegmente und/oder ein oder mehrere proximale bzw.
35 bukkale bzw. orale Kavitätensegmente mit jeweils diver-

gierenden gegenüberliegenden Wänden unterteilt werden.

- Erfindungsgemäß wird dieses Expertenwissen in ein Set standardisierter Bearbeitungsformwerkzeuge in verschiedenen
- 05 Größenabstufungen umgesetzt, wobei jedes Bearbeitungswerkzeug als Negativform des zu präparierenden Kavitätensegmentes ausgebildet ist. Insbesondere hat sich die Herstellung wenigstens eines Formwerkzeuges zur Bearbeitung okklusaler Kavitätensegmente und/oder wenigstens eines
- 10 Formwerkzeuges zur Bearbeitung approximaler, bukkaler oder oraler Kavitätensegmente jeweils in wenigstens einer Größe, vorzugsweise in verschiedenen Größenabstufungen bewährt. Die Kavitätenpräparation schließt sich der individuellen Entfernung z.B. kariöser Zahnhartsubstanz an und erfolgt
- 15 durch längsachsenparalleles Einsenken ein oder mehrerer erfindungsgemäßer, oszillierender Formwerkzeuge in die bevorzugt vorbearbeiteten Oberflächen. Zusammengesetzte Kavitätenformen resultieren aus dem benachbarten Einsenken verschiedenener Segmentwerkzeuge, insbesondere nach
- 20 Vorauswahl in geeigneten Formwerkzeuggrößen.

- Die erfindungsgemäße Restauration derartiger Kavitäten erfolgt durch Eingliederung wenigstens eines standardisierten, mit dem(n) verwendeten Bearbeitungsinstrumen(en)
- 25 formgleichen Paß- oder Füllkörpern, der(die) aus einem bezüglich der Formen und Größenabstufungen mit den korrespondierenden Formwerkzeuggeometrien übereinstimmenden Set an Formkörpern ausgewählt wird(werden). Insbesondere hat sich die Anwendung adhäsiver Restaurationsverfahren unter
- 30 Verwendung von Polymerkomposits sowie eine materialspezifische Oberflächenkonditionierung der Kavitätenoberflächen und der den Kavitätenoberflächen bzw. benachbarter Füllkörpersegmente zugewandten Füllkörperoberflächen bewährt.
- 35 Die Kavitätenpräparation und definitive Restauration erfolgt somit in der selben Behandlungssitzung unter Umgehung

komplizierter Abformtechniken sowie einer aufwendigen Laborfertigung individueller Paßkörper.

- Darüber hinaus können erfindungsgemäße Formwerkzeuge auch
- 05 zur Präparation von Oberflächensegmenten insbesondere von Zahnstumpfoberflächen, z.B. im Rahmen der Präparation von Verblendschalen oder von Kronenstümpfen, verwendet werden. Wiederum findet das Expertenwissen bezüglich der Gestaltung der etwa parallel zur Zahnlängsachse verlaufenden Stumpf-
- 10 oberflächen Eingang in ein Set etwa schaufelförmiger Präparationswerkzeuge in unterschiedlichen Größenabstufungen bzw. unterschiedlichen Krümmungsradien. Insbesondere kann das Expertenwissen zur Präparation von Randübergängen, bevorzugt von Kronenrändern, z.B. in Form
- 15 von Stufen- oder Hohlkehlübergängen jeweils mit oder ohne Randanschrägung in ein Bearbeitungsformwerkzeug, das wenigstens teilweise als Negativ der zu bearbeitenden Oberflächenformen ausgebildet ist, überführt werden. Die Präparation von Randübergängen erfolgt vorzugsweise durch
- 20 zirkuläres Führen derartiger Werkzeuge parallel zur Formwerkzeuglängsachse um den gesamten umzugestaltenden bzw. zu finierenden Randübergang. Ganz besonders bewährt hat sich diese Methode, da eventuelle Abformungenauigkeiten durch Verlaufsintegration benachbarter, präzise abgeformter
- 25 Modellstumpfoberflächenabschnitte unter Berücksichtigung des Expertenwissens, bevorzugt durch Nachbearbeitung der Modellstümpfe mit identischen Bearbeitungsformwerkzeugen, verlaufsintegriert werden können.
- 30 Die Verwendung eines Sets von in Analogie zu Zahnwurzeloberflächen bzw. -oberflächensegmenten ausgebildeten, etwa schaufelförmigen oder die Form von Golf- oder Hockeyschlägern aufweisenden Werkzeugen erlaubt ferner die Entfernung von Zahnbelägen und adsorbierten Hartstoffen,
- 35 etwa Zahnstein, von supra- und subgingivalen Wurzeloberflächen, wobei die Zusammensetzung des verwendeten Arbeits-

20

mediums (z.B. Wasser oder abrasive Suspension) sowie die Schwingungsform der Werkzeuge eine weitgehend selektive Entfernung des Zahnsteines und ggf. von Konkrementen ermöglicht, ohne daß größere Volumina gesunden Zahnhartgewebes abgetragen oder z.B. im Sinne einer Oberflächenaufrau-
05 rauhung verändert werden.

Darüber hinaus können durch Verwendung von wenigstens teilweise ovalen Bearbeitungswerkzeugen erstmals endodon-
10 tische Hohlräume instrumentell entsprechend ihrer in Analogie zum Wurzelquerschnitt zumeist ovalen Form aufbereitet werden.

Überraschenderweise wurde ferner entdeckt, daß etwa
15 drahtförmige, zylinderförmige oder schneidenartig ausgebildete Bearbeitungswerkzeuge aus etwa Chrom-Nickelhaltigen Metallegierungen unter Ultraschalleinwirkung ohne Wasserkühlung durch innere Reibungseffekte selektiv erhitzt und zur schneidenden Bearbeitung von Weichgeweben
20 bzw. zur Koagulation von eröffneten Blutgefäßen eingesetzt werden können. Besonders bewährt haben sich Bearbeitungswerkzeuge, die die Ausbildung von Reibungswärme unter Ultraschalleinwirkung z.B. durch Zusammensetzung aus
wenigstens zwei verschiedenen Materialien bzw. durch
25 Induktion von Relativbewegungen des Bearbeitungswerkzeuges zum Umlenkkopf begünstigen. Mit solchen Werkzeugen können Weichteilgewebsschnitte in Analogie zu CO₂-Lasern bzw. zu elektrischen Hochfrequenzwerkzeugen ausgeführt werden, ohne
daß es aufgrund von unerwünschten optischen Reflexions-
30 phänomenen oder elektrischen Funkenbildungen zu Verletzungen kommt.

Wärmeerzeugende Werkzeuge können insbesondere auch in der Endodontie nach erfolgter Wurzelkanalaufbereitung vorzugs-
35 weise unter Verwendung formgleicher Bearbeitungswerkzeuge als Füllkörper verwendet werden. Die Wärmeinduktion

ermöglicht dabei die Verarbeitung von z.B. thermoplastischen Wurzelfüllmaterialien, die durch das oszillierende, wärmeinduzierende Werkzeug wenigstens teilweise verflüssigt und unter Vorschub des Werkzeuges in den Wurzelkanal zu
05 einem geringen Volumen ausgepresst werden und nach Abkühlung durch Abschalten der Ultraschalloszillation, bevorzugt unter Adsorption auf die Zahnhartgewebs- und Bearbeitungswerkzeugoberflächen, als Fügmaterial (Sealer) dienen, welches die individuellen Hohlräume zwischen den Wurzel-
10 kanaldentinwänden und dem gleichzeitig als Makro-Füllkörper dienenden Bearbeitungswerkzeug verschließen. Die durch die konische Form Werkzeuges gerichtete Abkühlung von der Spitze zur Werkzeugbasis ermöglicht ein spaltfreies Versiegeln der Hohlräume zwischen dem Werkzeug und der
15 Wurzelkanalwand, wobei das Werkzeug nach Ablösen vom Umlenkopf vorzugsweise als geometrisch definierter Formkörper im Wurzelkanal, im Sinne eines Füllkörpers, belassen und bevorzugt auf die individuelle Länge der Zahnwurzel gekürzt wird.

20 Selbstverständlich ist die Verwendung der erfindungsgemäßen Bearbeitungsvorrichtung bzw. der erfindungsgemäßen Verfahrenstechniken nicht auf die Anwendung in der Zahnheilkunde beschränkt; diese sind auch in äquivalenten medizinischen
25 und nichtmedizinischen und auch industriellen Aufgabenstellungen anwendbar.

Nachstehend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert.
30 In dieser zeigen:

Figur 1: einen axialen Schnitt durch das Ende eines
zahnärztlichen Winkel-Handstückes zur Bearbeitung von Zahnmaterial;

35 Figur 2: eine vergrößerte Schnittansicht durch ein

Schall-Umlenkteil des Handstückes von Figur 1;

- Figur 3: eine schematische Darstellung des Handstückes nach Figur 1 unter Einsatzbedingungen;
- 05
- Figur 4: einen ersten Schritt der Präparation eines ausgedehnten kariösen Bereiches eines Zahnes mit einem Handstück gemäß Figur 1, von der Seite her gesehen, in welchem ein zur Seite hin
- 10 offener Zahnausschnitt erzeugt wird;
- Figur 5: einen Schnitt längs der Linie V - V von Figur 4;
- 15
- Figur 6: einen auf den Präparationsschritt von Figur 4 folgenden zweiten Präparationsschritt, in welchem eine mittige Ausnehmung im Zahn erzeugt wird, von der Seite her gesehen;
- 20
- Figur 7: einen Schnitt längs der Schnittlinie VII - VII von Figur 6;
- Figur 8: einen weiteren Schritt der Zahnpräparation und -restauration, der auf die Schritte nach den
- 25 Figuren 4 bis 6 und einen nicht gezeigten weiteren Schritt folgt und in welchem in die zuvor erzeugte mittige Zahnausnehmung ein Füllkörper aus Zahnersatzmaterial eingesetzt wird, in seitlicher Richtung gesehen;
- 30
- Figur 9: einen Schnitt längs der Linie IX - IX von Figur 8;
- Figur 10: eine seitliche Ansicht eines Arbeitsschrittes, wie er zur Präparation eines Zahnstumpfes vor dem Anbringen einer Krone durchzuführen
- 35

ist;

- 05 Figur 11: einen Schnitt längs der Linie XI - XI von
 Figur 10;
- 10 Figur 12: eine seitliche Ansicht eines Arbeitsschrittes
 zur Behandlung der oberen Endabschnitte der
 Außenfläche der Zahnwurzel mit einem Ultra-
 schallwerkzeug;
- 15 Figur 13: weitere zahnärztliche Arbeiten unter Verwen-
 dung von Ultraschall-Werkzeugen, bei denen
 Fleisch geschnitten (linke Figurenhälfte)
 bzw. Knochenmaterial abgetragen (rechte Figu-
 renhälfte) wird;
- 20 Figur 14: eine seitliche Ansicht eines Wurzelkanal-Be-
 handlungsschrittes mit einem Ultraschall-Werk-
 zeug;
- 25 Figur 15: einen Schnitt längs der Linie XV - XV von
 Figur 14;
- 30 Figur 16: eine ähnliche Darstellung wie Figur 3, in
 welcher jedoch ein abgewandeltes Handstück mit
 einem Festkörper-Schall-Umlenkteil wiederge-
 geben ist;
- 35 Figur 17: eine getrennte Darstellung des Schall-Umlenk-
 teiles von Figur 16, anhand dessen dessen
 Funktionsweise näher erläutert wird; und
- Figur 18: eine seitliche Ansicht einer Kavitätpräpara-
 tion mit einem Ultraschall-Formwerkzeug, wel-
 ches zugleich als Form- oder Füllkörper dient.

24

In Figur 1 ist das Ende eines insgesamt mit 10 bezeichneten zahnärztlichen Winkel-Handstückes wiedergegeben. Das Handstück 10 hat ein zugleich als Griff dienendes rohrförmiges Gehäuse 12, in welchem über Aufhängungen 14 ein
05 insgesamt mit 16 bezeichneter Ultraschall-Schwingungs-generator angebracht ist.

Der Ultraschall-Schwingungsgenerator 16 umfaßt einen piezoelektrischen Ultraschallwandler 18, der seinerseits
10 aus mehreren axial hintereinanderliegenden und mechanisch in Reihe geschalteten Scheiben aus piezoelektrischem Keramikmaterial bestehen kann. Auf den Stirnflächen des Ultraschallwandlers 18 sind rotationssymmetrische Massenkörper 22, 24 angebracht, z.B. verschraubt oder angeklebt.

15 An dem in der Zeichnung rechts gelegenen Ende des Massenkörpers 24 ist ein Verstärkerkörper 26 angebracht, der die an seiner linken Stirnfläche erhaltene Ultraschallenergie auf Grund seiner zunehmenden Querschnittsabnahme
20 zum freien Ende hin konzentriert und so für eine Amplitudenverstärkung sorgt. Derartige Verstärkerkörper werden oft auch als Sonotrode bezeichnet.

Das rechts gelegene Ende des Gehäuses 12 trägt einen
25 insgesamt mit 28 bezeichneten Umlenkkopf. Dieser umfaßt ein Umlenkgehäuse 30, dessen Außenform derjenigen eines Dachkantprismas ähnelt. In dem Umlenkgehäuse 30 ist ein Umlenkkanal 32 vorgesehen, dessen Mittelachse einen Viertelskreisbogen beschreibt. Der transversale Querschnitt
30 des Umlenkkanales ist kreisförmig, wobei die Querschnittsfläche von der in der Zeichnung links gelegenen in einer vertikalen Ebene liegenden Einlaßöffnung des Umlenkkanales 32 zu einer in der Zeichnung horizontalen unteren Auslaßöffnung des Umlenkkanales 32 hin kontinuierlich abnimmt.

35 Die Enden des Umlenkkanales 32 sind durch Metallmembranen

25

33, 34, die z.B. dünne Stahlmembranen sein können, dicht verschlossen.

05 In dem Umlenkkanal 32 ist ein den Schall gut leitendes Flüssigkeitsvolumen 35 eingeschlossen. Hierbei handelt es sich vorzugsweise um ein bei Raumtemperatur oder nur wenig über Raumtemperatur ($40-100^{\circ}$) im flüssigen Zustand vorliegendes Metall, z.B. Quecksilber oder niederschmelzende Nickellegierungen oder von Hause aus feste
10 oder halbfeste oder gelartige Medien, die unter Ultraschalleinwirkung verflüssigen. Alternativ kann man auch entgaste nichtmetallische Flüssigkeiten verwenden, z.B. entgastetes Wasser oder entgastetes Silikonöl. Nochmals alternativ kann man im Umlenkkanal 32 auch hochkomprimierte Gase einschließen, die z.B. unter einem Druck von
15 etwa 50 atm. stehen können.

Die in der Zeichnung links gelegene Membran 33 ist mit dem freien Ende des Verstärkerkörpers 26 verbunden,
20 während die Metallmembran 34 ein zahnärztliches Werkzeug 36 trägt, welches gemäß den Figuren 1 und 2 stabförmige Gestalt hat.

Um ein Auswechseln des Werkzeuges 36 zu ermöglichen,
25 kann man gemäß Figur 2 auf der Metallmembran 36 ein Montageteil 38 vorsehen, in welches das Werkzeug 36 eingeschraubt ist.

In Figur 3 ist mit H die Achse des Handstückes 44 bezeichnet, welche zugleich die Achse des Schwingungsgenerators 16 ist. Mit W ist die Achse des Werkzeuges 36 bezeichnet. Diese beiden Achsen stehen senkrecht aufeinander, und man hat somit bei dem Handstück 44 ergonomische Arbeitsbedingungen wie bei einem herkömmlichen mechanischen Winkel-Handstück. Der Umlenkkopf 28 besorgt das
35 Umlenken der vom Schwingungsgenerator 16 erzeugten Ultra-

schallschwingungen auf das Werkzeug 36.

Das oben beschriebene Handstück arbeitet folgendermaßen:

- 05 Die Ultraschallenergie, die in dem durch den Ultraschallwandler 18 und dem Massenkörper 22, 24 gebildeten schwingungsfähigen System erzeugt wird, wird über dem Verstärkerkörper 26 unter Amplitudenverstärkung auf die Metallmembran 33 übertragen. Die entsprechende im wesentlichen
- 10 sinusförmige Bewegung der Metallmembran 33, die in Figur 2 bei 40 schematisch angedeutet ist und die Amplitude a hat, führt zu entsprechenden Druckwellen im Flüssigkeitsvolumen 35. Durch diese Druckwellen wird die Metallmembran 34 entsprechend bewegt, wobei wiederum gemäß der Querschnittsabnahme des Umlenkkanales 32 eine Amplitudenverstärkung erhalten wird. Die im wesentlichen sinusförmige Bewegung der Metallmembran 34 ist bei 42 veranschaulicht (Amplitude A). Diese Bewegung wird auf das Werkzeug 36 übertragen und kann zum Abtragen von Material dienen, wie
- 15 20 nachstehend unter Bezugnahme auf Figur 3 im einzelnen beschrieben wird.

- Es versteht sich, daß die bei 40 und 42 gezeigten Schwingungsamplituden bezogen auf die Abmessungen des Umlenk-
- 25 kopfes 28 nicht maßstäblich sind. In der Praxis liegen die Schwingungsamplituden A des Werkzeuges im Bereich von etwa 2-50 μm .

- Wie aus Figur 3 ersichtlich, ist bei einem für das Abtragen von Zahnmaterial dienenden Winkel-Handstück 44,
- 30 welches bezüglich der Ultraschallerzeugung und der Schallumlenkung ähnlich aufgebaut ist wie das Handstück 10 nach der Figur 1, so daß für die entsprechenden Komponenten wieder dieselben Bezugszeichen verwendet sind, zusätzlich
- 35 am Gehäuseende ein Abgaberohr 46 für ein abrasives Behandlungsmedium 48 vorgesehen. Das Abgaberohr 46 ist mit dem

27

Ausgang einer Pumpe 50 verbunden, welche das abrasive Behandlungsmedium aus einem Mischbehälter 52 ansaugt.

Alternativ kann man anstelle des Abgaberohres 46 oder
05 zusätzlich zu diesem eine Ringdüse verwenden, die das Werkzeug 36 umgibt, vorzugsweise bei dessen oberen Ende, und über eine Mehrzahl zum vorderen Endabschnitt des Werkzeuges 36 gerichteter Düsen abrasives Behandlungsmedium abgibt.

10

Der im Mischbehälter 52 befindliche Mischungsvorrat 54 besteht aus Wasser, in welchem große Abrasivpartikel 56, mittlere Abrasivpartikel 58 und feine abrasive Versiegelungspartikel 60 enthalten sind. Diese sind schematisch
15 durch Punkte, kleine Kreise und kleine Dreiecke unterschieden.

Die großen Abrasivpartikel 56 haben einen Durchmesser, der im wesentlichen dem Gesamthub der Ultraschall-Schwingungsbewegung des Werkzeuges 36 entspricht, also etwa 2A beträgt. In der Praxis liegen somit die Durchmesser für
20 die großen Abrasivpartikel unter 100 μm . Die großen Abrasivpartikel 56 haben eine kantenreiche durch Brechen oder Mahlen von Hartmaterial erhaltene Oberfläche und
25 damit gute Schneideigenschaften. Das Material der großen abrasiven Hartkörner wird im Hinblick auf die jeweilige Applikation ausgewählt. Für hohe Abtragsleistung haben sich Siliciumkarbidmaterialien bewährt, wobei mit Partikelgrößen zwischen 50 und 80 μm gute Ergebnisse erzielt
30 werden.

Die kleineren Abrasivpartikel 60 dienen langsamerem Abtrag und damit einer Glättung der bearbeiteten Oberfläche, und ihr Durchmesser kann grob etwa die Hälfte oder ein Drittel
35 des Durchmessers der großen Abrasivpartikel 56 betragen. Auch kann man für diese Abrasivpartikel Materialien

auswählen, die weniger starke Schneidkanten ausbilden als Siliciumkarbidmaterialien. Beispiele für derartige Materialien sind z. B. Aluminiumkeramikmaterialien. In der Praxis bewährt haben sich z. B. plättchen- oder scheibenförmige Aluminiumkeramikpartikel mit einem Durchmesser um 25 μm , wobei diese Partikel sich zugleich durch hydrophile Eigenschaften ihrer Oberfläche auszeichnen. Hydrophile Partikeloberflächen sind im Hinblick auf die Herstellung gut handhabbarer stabiler Aufschlammungen in Wasser von Vorteil.

Die Versiegelungspartikel 60 haben kleinen Durchmesser. Ihr Durchmesser wird im Hinblick auf den Durchmesser von Dentinkanälchen des Zahnmaterials gewählt, welche durch die Versiegelungspartikel 60 verschlossen werden sollen, wie nachstehend noch genauer beschrieben werden wird. In der Praxis liegt der Durchmesser dieser Versiegelungspartikel unter 3 μm , vorzugsweise bei etwa 1 μm . Geeignete Materialien für die Versiegelungspartikel 60 sind insbesondere wieder Aluminiumkeramikmaterialien. Bei den Versiegelungspartikeln wird bei der Herstellung wieder auf scharfkantige Oberfläche geachtet. Zum einen deshalb, um diesen Partikeln trotz ihres geringen Durchmessers noch brauchbare abrasive Eigenschaften zu geben, da diese Partikel zugleich auch zum Abtragen von Material dienen sollen, zum anderen deshalb, um ein möglichst zuverlässiges mechanisches Verhaken der Versiegelungspartikel an den Enden der Dentinkanälchen und an Unregelmäßigkeiten der Oberfläche der bearbeiteten Kavität zu gewährleisten. Auf diese Weise bilden die Versiegelungspartikel Haftstellen, an denen sich Füllmaterial verhaken und gut anlagern kann.

Bezüglich der Mengenverhältnisse, in denen die großen Abrasivpartikel 56, die kleineren Abrasivpartikel 58 und die Versiegelungspartikel 60 vorliegen, wird auf

die Ausführungen in der Beschreibungseinleitung hingewiesen.

Die obigen Angaben für Partikelgrößen sind die im Einsatz
05 beim Materialabtrag gewünschten Partikelgrößen. Bestehen
die Partikel aus sprödem, unter Ultraschalleinwirkung
zerbrechendem Material, so können die Größen der Partikel,
die sich im zugeführten Arbeitsmedium befinden, größer
sein, wenn sich nur an der Arbeitsstelle durch Zerbrechen
10 dieser Partikel die gewünschten Partikelgrößen ergeben.

Im Hinblick auf hohe Abtragsleistung ist es wünschenswert,
wenn die großen Abrasivpartikel 56, die mittleren
Abrasivpartikel 58 und die feinen abrasiven Versiegelungs-
15 partikel 60 jeweils in sich nur geringe Streuung der
Korngröße um den gewünschten mittleren Durchmesser aufweist.

In dem Mischbehälter 52 dreht sich ein Mischstab 62 aus
20 magnetischem Material, der durch das von einer Magnetspule
64 erzeugte Drehfeld bewegt wird.

Im unteren rechten Teil von Figur 3 ist bei 64 der koronale
Abschnitt eines Zahnes 66 mit seiner Schmelzschicht
25 68, seinem Dentinvolumen 70 und der Zahnhöhle 72 wiedergegeben.
Von der Zahnhöhle 72 erstrecken sich die kleinen Durchmesser
aufweisenden Dentinkanäle 74 durch das Dentinvolumen 70 zur
Schmelzschicht 68.

30 In dem Zahn 66 ist von der Kaufläche her eine Vertiefung
76 erzeugt worden, welche sich durch die Schmelzschicht
68 in das Dentinvolumen 70 hineinerstreckt. Das Abtragen
der entsprechenden Materialmenge erfolgte dadurch, daß
man unter Abgabe von abrasivem Behandlungsmedium 48 durch
35 das Abgaberohr 46 und gleichzeitiger Ultraschallbeaufschlagung
des Werkzeuges 36 die untere Stirnfläche und

die Seitenflächen des Werkzeuges 36 gegen das Zahnschmelzmaterial bzw. Dentinmaterial drückte. Dabei wird von der schwingenden Werkzeugoberfläche den abrasiven Partikeln eine hohe Geschwindigkeit erteilt, und wenn diese Partikel auf die gegenüberliegende Materialoberfläche auf-
05 treffen, lösen sie aus dieser kleine Bruchstücke heraus. Diese Art des Materialabtrages ist schonend und führt zu keinen größeren Gewebebeschädigungen, insbesondere keinen Rissen. Durch entsprechendes Führen des Werkzeuges in den drei Koordinatenrichtungen und Drehen des
10 Handstückes um die den Koordinatenrichtungen entsprechenden Achsen (diese Bewegungen sind symbolisch bei 78 angedeutet, kann der Arzt die jeweils erforderliche Zahnkavität erzeugen.

15 Figur 3 zeigt den Zustand beim Abschluß der Präparation der Kavität, und man erkennt, daß die beim Erzeugen der Kavität freigelegten Enden von Dentinkanälen 74 durch einige der feinen Versiegelungspartikel 60 ver-
20 schlossen sind. Dies vermindert die Permeabilität des an der Kavität angrenzenden Dentinvolumens im Sinne einer als Unterfüllung wirkenden Isolationsschicht.

Anhand der Figuren 4-9 wird nun die Versorgung eines
25 größeren kariösen Zahndefektes beschrieben.

In einem ersten Behandlungsschritt, der in den Figuren 4 und 5 gezeigt ist, wird ein seitlicher kariöser Bereich des Zahnes unter Verwendung eines ersten Formwerkzeuges
30 80 entfernt, das an dem Umlenkkopf 28 befestigt ist. Dieses Werkzeug hat in Querschnittsansicht gesehen die Form eines gekrümmten Trapezes und in axialer Schnittansicht gesehen die Form eines Keiles. Durch rein axiales Vorschieben des Formwerkzeuges 80, welches über den
35 Umlenkkopf 28 mit Ultraschall beaufschlagt ist, bei gleichzeitigem Zuführen abrasiven Behandlungsmediums

31

48 ist der kariöse Randbereich des Zahnes abgetragen worden, wobei eine zur Außenform des Formwerkzeuges 80 komplementäre Ausnehmung 82 im Zahn 66 erzeugt wurde. Gleichzeitig können die Kavitätenränder z. B. durch
05 Ausformung einer partiellen Randanschrägung definitiv ausgeformt werden.

Im zweiten Behandlungsschritt, welcher in den Figuren 6 und 7 gezeigt, wird im Zahn 66 eine mittige Ausnehmung
10 84 erzeugt, deren Randkontur etwa die einer liegenden Acht hat. Hierzu wird ein weiteres Formwerkzeug 86 mit entsprechendem Querschnitt in axialer Richtung vorgeschoben, wobei wiederum abrasives Behandlungsmedium
48 zugeführt wird, welches sich zwischen die Außenfläche
15 des Formwerkzeuges 86 und das Zahnmaterial legt.

Figur 8 zeigt, daß anschließend an das Erzeugen der beiden Ausnehmungen 82 und 84 in die Ausnehmung 82 ein erster Form-Füllkörper 88 eingesetzt worden ist, der aus
20 Zahnersatzmaterial besteht und dessen Umfangskontur derjenigen des Formwerkzeuges 80 entspricht. Der Formkörper 88 ist über eine Fugen-Kompositschicht 90 mit dem Zahnmaterial verbunden. Die obere Stirnfläche des Form-Füllkörpers 88 ist unter Verwendung eines Bearbeitungswerk-
25 zeuges, welches in der Praxis demjenigen nach Figur 1 ähneln kann, so bearbeitet, daß sie die ursprüngliche Kaufläche nachbildet.

In die mittige Ausnehmung 84 wird gerade ein weiterer
30 Form-Füllkörper 92 eingesetzt. Dessen Außenkontur entspricht der Außenkontur des Formwerkzeuges 86. Zwischen der Außenfläche des Form-Füllkörpers 92 und den Wandflächen der Ausnehmung 84 ist eine weitere Fugen-Kompositschicht 94 gezeigt, die noch nicht abgebunden hat. Durch ein Drück-
35 Werkzeug 96, welches nun am Umlenkkopf 28 des Handstückes 10 angebracht ist, wird auf das obere Ende des Form-

Füllkörpers 92 Ultraschall übertragen, wodurch das Einführen des Form-Füllkörpers 92 in die Ausnehmung 84 unterstützt wird, da die Viskosität des Fugen-Kompositmaterials durch die Vibration herabgesetzt wird.

- 05 Diese Art des Einsetzens des Form-Füllkörpers ist im Hinblick auf möglichst dünne Fugen-Komposit- oder Klebstoffschichten von Vorteil.

- 10 In Figur 8 ist der Standard-Form-Füllkörper 92, der vom Zahnarzt zur Verwendung in durch das Formwerkzeug 86 erzeugten Ausnehmungen bereitgehalten wird, noch in seiner unveränderten Geometrie wiedergegeben. Nach dem Abbinden der Fugen-Kompositschicht 94 müssen die über die Kaufläche überstehenden Abschnitte des Form-Füllkörpers 92 so
15 entfernt werden, daß die entstehende Oberseite des Form-Füllkörpers 92 wieder die ursprüngliche Kaufläche wiedergibt. Die entsprechenden Konturen sind in Figur 9 durch dünne Linien angedeutet.

- 20 Bei der oben stehend unter Bezugnahme auf Figur 8 gegebenen Beschreibung der restaurativen Behandlungsphase wurde der besseren Erläuterung der Erfindung halber davon ausgegangen, daß zuerst der erste Form-Füllkörper 88 eingesetzt und seinem Platz durch Kompositmaterial fixiert
25 wird, dann seine obere Stirnfläche gemäß der gewünschten Kauflächengeometrie bearbeitet wird und anschließend der Form-Füllkörper 92 in der Kavität angebracht wird. Es versteht sich, daß bei diesem Vorgehen die Kompositschicht zwischen den beiden Form-Füllkörpern erst beim Einsetzen
30 des Form-Füllkörpers 92 angebracht wird, damit die beiden Form-Füllkörper gut miteinander verbunden werden.

- In der Praxis wird man in der Regel in der Regel so vorgehen, daß man beide Form-Füllkörper 88 und 92 in einem
35 gemeinsamen Arbeitsgang unter Verwendung von Kompositmaterial in der Kavität anbringt und die Bearbeitung der

33

oberen Stirnfläche beider Form-Füllkörper zur Herstellung der gewünschten Kauflächengeometrie gemeinsam vornimmt.

05 Die Figuren 10 und 11 zeigen die Verwendung von Ultraschall-Werkzeugen bei der Präparation von Zahnstümpfen für das spätere Aufsetzen einer Krone (rechte Seite: Hohlkehl-Präparation; linke Seite: Präparation einer abgeschrägten Stufe). Dieses Bearbeiten erfolgt wiederum unter gleichzeitigem Zuführen eines abrasiven Behandlungs-
10 mediums 48.

In der linken Hälfte der Figuren 10 und 11 ist ein Werkzeug 98 gezeigt, welches im Vertikalschnitt gesehen die Form eines Rechteckes, in transversalem Schnitt gesehen
15 die Form eines gebogenen niederen Rechteckes mit abgerundeten Enden hat. Die Querschnittskrümmung ist im Hinblick auf die Zahnkrümmung im zu behandelnden Bereich gewählt. In der Praxis hat der Zahnarzt mehrere derartige Bearbeitungswerkzeuge mit unterschiedlicher Krümmung in seinem
20 Werkzeugsatz.

Wie Figur 10 zeigt, ist die untenliegende Stirnfläche 100 des Werkzeuges 98 schräg abfallend, so daß dieses Werkzeug am Zahnstumpf eine vertikale Seitenfläche 102
25 erzeugt, die unten durch eine schräg nach außen abfallende Hohlkehle 104 begrenzt ist.

Es versteht sich, daß die Geometrie der hergestellten Form im horizontalen Durchmesser und im vertikalen Durchmesser auch anders verknüpft sein kann: es kann auch
30 mit dem kleinen Durchmesser eine Hohlkehle und mit dem größeren Durchmesser eine abgeschrägte Stufe erzeugt werden.

35 Das in den rechten Hälften der Figuren 10 und 11 gezeigte Werkzeug 106 ähnelt dem Werkzeug 98, es hat jedoch nur

kleine Umfangserstreckung, so daß es sich für die Behandlung von Zahnstümpfen unterschiedlichster Umfangskrümmung allgemein einsetzen läßt. Die untere Stirnfläche 108 dieses Werkzeuges 106 ist z.B. abgestuft: sie hat einen senkrecht
05 zur Werkzeugachse stehenden Stirnflächenabschnitt und einen sich hieran anschließenden, nach unten abfallenden Stirnflächenabschnitt. Auf diese Weise erzeugt das Werkzeug 106 am Zahnstumpf wiederum eine vertikale Seitenfläche 110 und eine nach außen abfallende Anschrägung 112, wobei
10 jedoch zwischen der Anschrägung 112 und der Seitenfläche 110 noch eine horizontale Stufe 114 erzeugt wird.

Figur 12 zeigt das schonende Abtragen von Material, insbesondere supra- oder subgingivalem Zahnstein, Wurzel-
15 konkrementen und/oder Plaque am zervikalen Ende von Zahnwurzeln 116, 118. Ein erstes Werkzeug 120 hat einen Stiel 122, der ähnlich aussehen kann wie der des Werkzeuges 106, und am unteren Ende des Stieles 122 ist ein flächiges Arbeitsteil 124 angebracht, welches im wesentlichen die
20 Form einer Pflanzschaufel hat, also in Umfangsrichtung gemäß der Krümmung der Zahnwurzel 116 gekrümmt ist. Das Werkzeug 120 ist in eine Zahnfleischtasche 126 eingeführt, die aus einer Spritze 128 mit Behandlungsmedium 130 gefüllt wird. Letzteres hat ein höher viskoses flüssiges Grundma-
25 terial, in welchem wieder Abrasivpartikel 132 verteilt sind und welches darüber hinaus gegebenenfalls noch chemische Ätzmittel und/oder keimtötende Substanzen enthalten kann.

30 In Abwandlung kann man auch ein Behandlungsmedium 130 verwenden, welches keine Abrasivpartikel enthält.

Ferner sei darauf hingewiesen, daß die Werkzeuge 120 und 134 anders als klassische Curetten keine geometrisch
35 definierte Schneide aufzuweisen brauchen.

35

Im rechten Teil von Figur 12 ist ein der Zahnsteinentfernung dienendes Werkzeug 134 für die Behandlung der Außenfläche der Zahnwurzel 118 wiedergegeben, welches die Form eines Golfschlägers oder Hockeyschlägers hat. Das Werkzeug 134 hat somit einen Stiel 136, der ein schmales transversales Arbeitsteil 138 trägt. Das Werkzeug 134 eignet sich gut zur Behandlung von auch in Längsrichtung gekrümmten Zahnwurzeln oder von Zahnwurzeln mit in Umfangsrichtung konkav gekrümmten Oberflächen.

10

Figur 13 zeigt im linken Teil ein Werkzeug 140 (Ultraschall-Skalpell), welches zum Abtragen von Weichgewebe, insbesondere Zahnfleisch, oder zur Präparation von Weichgewebsinzissionen dient. An einem Stiel 142 ist ein transversales Arbeitsteil 144 befestigt, welches aus einem Material hergestellt ist, das Ultraschallenergie in Wärme umsetzt. Ein geeignetes derartiges Material ist z.B. ein aus zwei oder mehr unterschiedlichen Materialschichten aufgebautes Verbundmaterial. Beispiele hierfür sind ein Bimetallstreifen oder mit einer keramischen Beschichtung versehene Metalle. Beispiele für im Volumen hohe innere Reibung aufweisende Materialien sind nichtrostende Stähle. Das Werkzeug 140 arbeitet somit als Ultraschall-Kauter und kann von dem bei 146 gezeigten Zahnfleisch sehr genau steuerbar Inzissionen anlegen, Teile abtragen oder Gefäße verkauten.

Im rechten Teil von Figur 13 ist ein Knochenpräparations-Werkzeug 148 zum Abtragen von Knochenmaterial 150 wiedergegeben. Von einem stabförmigen Stiel 152 ist ein z.B. kugelförmiges Arbeitsteil 154 getragen. In Abwandlung kann das Arbeitsteil 154 auch etwa die Form einer V-förmigen oder pyramidenförmigen Meißelspitze haben. Das im rechten Teil von Figur 13 gezeigte Werkzeug 148 wird vorzugsweise wieder unter gleichzeitiger Zuführung von abrasivem Behandlungsmedium 48 betrieben.

Figur 14 zeigt ein Werkzeug 156, welches zur Präparation eines Zahnwurzelkanales 158 dient. Dieser ist schon auf herkömmliche Weise oder unter Verwendung eines Werkzeuges, wie es obenstehend unter Bezugnahme auf die Figuren 1-7 beschrieben wurde, freigelegt und weitgehend unter Verwendung herkömmlicher Werkzeuge erweitert worden. Das Werkzeug 156 dient zur schonenden Rest-Bearbeitung des Zahnwurzelkanales 158 und hat hierzu einen transversalen Querschnitt, der der Form eines Rechteckes mit abgerundeten Ecken oder eines Ovals entspricht, wobei der transversale Querschnitt zum freien Ende des Werkzeuges 156 hin abnimmt. In Längsrichtung gesehen hat das Werkzeug 156 die Form eines leicht gekrümmten Keiles.

Das Werkzeug 156 ist einem Satz von Werkzeugen entnommen, deren einzelne Geometrien den durchschnittlichen Standardgeometrien (Form, Größe, Durchmesser) von Wurzelkanälen der verschiedenen Zähne bzw. Zahngruppen nachempfunden ist.

In Abwandlung des in Figur 14 gezeigten Ausführungsbeispiels kann man ein Werkzeug 156 zur Präparation eines Zahnwurzelkanales auch mit einer Sollbruchstelle oder Trennmarkierung versehen, so daß der zum bearbeiteten Wurzelkanal komplementäre Abschnitt des Werkzeuges nach Aufbrechen der Sollbruchstelle oder Abflexen an der Trennmarkierung als Restaurationsteil in dem behandelten Wurzelkanal verankert werden kann. Dieser Abschnitt des Werkzeuges 156, der die Form eines stiftähnlichen Formfüllkörpers bildet, kann dann als Verankerung für Aufbauteile dienen. Als Material für derartige Werkzeuge kommen Keramikmaterialien, für Zahnprothesen oder Implantate verwendete Metalle und auch Kunststoffe in Frage.

Der rechte Teil der Figuren 14 und 15 zeigt einen nicht

präparierten Zahnwurzelkanal 160.

In Figur 16 ist ein Ultraschall-Präparationsgerät für Zähne wiedergegeben, welches demjenigen nach Figur 3
05 sehr ähnlich ist. Funktionell entsprechende Komponenten sind wieder mit den selben Bezugszeichen versehen.

Der Umlenkkopf 28 weist nun aber einen Ringkörper 162 auf, der bezüglich seines Materiales und seiner Geometrie
10 so gewählt ist, daß er vier um 90° in Umfangsrichtung versetzte Schwingungsbäuche aufweist, wie in Figur 17 angedeutet, die in Ringabschnitten 162a bis 162d liegen. An den einen Schwingungsbauch im Ringabschnitt 162a ist das Ende des Verstärkerkörpers 26 angekoppelt; der
15 um 90° zur Achse des Schwingungsgenerators 16 nach unten versetzte Schwingungsbauch im Ringabschnitt 162d ist mit dem Werkzeug 36 verbunden. Der Ringkörper 162 besorgt somit eine Winkelumlenkung der Ultraschallenergie ohne Amplitudenverstärkung. Der Ringkörper 162 hat senk-
20 recht zur Zeichenebene, also in axialer Richtung so große Abmessung, so daß seine Schwingungsmoden reine Atmungs-
bewegungen sind und keine oder nur in vernachlässigbarem Ausmaße Torsionskomponenten in Umfangsrichtung beinhalten.

25 Durch Auslegung des Ringkörpers 162 für drei Schwingungsbäuche kann man einen Winkel zwischen der Handstückachse H und der Werkzeugachse W (Umlenkwinkel) erhalten der 120° beträgt. Bei n Schwingungsbäuchen kann man Umlenkwinkel von $360^\circ/n$ und ganzzahlige Vielfache hiervon realisieren.

30 Wünscht man Zwischenwinkel kann man solche durch Variieren der Dicke oder der axialen Erstreckung der Wand des Ringkörpers in Umfangsrichtung erhalten, da dann die Schwingungsknoten nicht mehr gleich in Umfangsrichtung
35 verteilt sind.

In Abwandlung der oben betrachteten Ausführungsbeispiele für den Ringkörper kann man eine asymmetrische Ausbildung des Ringkörpers auch so wählen, daß man an dem die Abtriebsbewegung bereitstellenden Ringabschnitt eine höhere Amplitude erhält als am getriebenen Ringabschnitt. Der Ringkörper ist dann nicht mehr voll rotationssymmetrisch, hat z.B. in Umfangsrichtung variierende Wandstärke oder axiale Abmessung.

- 10 In weiterer Abwandlung kann man dann, wenn man nicht die volle Amplitude der vom Schwingungsgenerator 16 erzeugten Schwingung am Werkzeug benötigt, das Werkzeug 36 auch an einem Ringabschnitt des Ringkörpers 162 anbringen, der zwischen einem Schwingungsbauch und
15 einem Schwingungsknoten liegt.

Figur 17 ist auch entnehmbar, daß dann, wenn durch den Schwingungsgenerator auf den Ringabschnitt 162a Druck ausgeübt wird, auch vom Ringabschnitt 162d auf das Werkzeug
20 Druck ausgeübt wird. Die Kraftübertragung vom Schwingungsgenerator auf das Werkzeug erfolgt somit ohne Phasenänderung.

- Bei dem in Figur 16 gezeigten Präparationsgerät ist
25 das Werkzeug 36 hohl und über einen Schlauch 164 mit dem Ausgang einer zweiten Pumpe 166 verbunden, die aus einem Vorratsbehälter 168 ein abrasives Behandlungsmedium 170 ansaugt. Letzteres besteht in der Praxis wieder aus Wasser, großen Abrasivpartikeln 172 und beim
30 hier betrachteten Ausführungsbeispiel zusätzlich aus zum Verstopfen der Dentinkanäle 74 dienenden Versiegelungspartikeln 174. Dadurch, daß im Behandlungsmedium 170 keine den mittleren Abrasivpartikeln 58 entsprechende Partikel gezeigt sind, soll angedeutet werden, daß sich dieses
35 Behandlungsmedium 170 vom Behandlungsmedium 48 unterscheiden kann. Diese Unterscheidung kann auch bezüglich weiterer

39

Zusätze zum Behandlungsmedium bestehen, die zur Einstellung der Viskosität dienen oder medikamentöse Funktion haben.

Durch einen Doppelpfeil in der Ansaugleitung der Pumpe 05 166 ist angedeutet, daß man diese Pumpe auch dazu verwenden kann verbrauchtes Arbeitsmedium über das Werkzeug 36 abzusaugen.

Figur 18 zeigt eine Weiterbildung der Erfindung, bei 10 welcher ein Formwerkzeug durch den später mit dem Zahnmaterial zu verbindenden Form-Füllkörper selbst gebildet ist.

In das obere Ende eines Form-Füllkörpers 176, dessen 15 Geometrie der des Formwerkzeuges 86 im wesentlichen entspricht, ist ein Befestigungsteil 178 eingegossen, welches auf das Montageteil 38 paßt. Der Form-Füllkörper 176 ist in seinem oberen Abschnitt mit einer Sollbruchstelle 180 ausgebildet, so daß man nach dem Einsenken des 20 Form-Füllkörpers 176 (unter gleichzeitiger Zufuhr von abrasivem Behandlungsmedium, wie oben beschrieben) das Befestigungsteil 180 abbrechen bzw. durch Schlag absprengen kann. Der Form-Füllkörper 176 wird dann mit dem Zahnmaterial verklebt, wie oben beschrieben, und der obere 25 Abschnitt des Form-Füllkörpers 176 wird zur Wiederherstellung der Kaufläche abgetragen.

Wie oben stehend unter Bezugnahme auf Figur 14 schon dargelegt wurde, ist ein weiteres Beispiel für einen 30 Form-Füllkörper, der zugleich auch als Formwerkzeug dient, ein Werkzeug zur Behandlung von Zahnwurzelkanälen, wie es dort gezeigt wurde.

Für derartige zugleich Werkzeuge darstellende Form-Füllkörper geeignete Materialien sind Metallegierungen, z. B. Titanlegierungen, sowie oxidische oder nichtoxidische 35 Keramiken, insbesondere Aluminiumoxid-Keramik oder Siliciumkarbid-Sintermaterialien.

Patentansprüche

=====

- 05 1. Vorrichtung zur Ultraschallpräparation von mensch-
lichem oder tierischem Hart- oder Weichgewebe
sowie von Zahn- oder Knochenersatzmaterialien, mit einem
Ultraschall-Schwingungsgenerator (16) sowie einem durch
diesen angetriebenen Werkzeug (36; 80; 86; 96; 98; 106; 120;
10 134; 140; 148; 156; 176), dadurch gekennzeichnet, daß
zwischen dem Schwingungsgenerator (16) und dem Werkzeug
ein Schall-Umlenkkopf (28) vorgesehen ist, der ein paral-
15 lell zur Längsachse des Schwingungsgenerators (16) beweg-
liches getriebenes Eingangselement (33; 162a) und ein
treibendes Ausgangselement (34; 164d) aufweist, wobei
letzteres längs einer Achse beweglich ist, die mit der
Achse des Schwingungsgenerators einen von 0° verschiedenen
Winkel bildet, und daß das Werkzeug (36; 80; 86; 96; 98;
106; 120; 134; 140; 148; 156; 176) mit dem treibenden
20 Ausgangsteil (34; 162d) des Umlenkkopfes (28) verbunden
ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeich-
net, daß das Werkzeug (36; 80; 82; 96; 98; 106; 120;
25 134; 140; 148; 156; 176) parallel zu seiner Längsachse
schwingt.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekenn-
zeichnet, daß der Umlenkkopf (28) einen Schwingkörper
30 (162) aufweist, der eine mit der Arbeitsfrequenz des
Schwingungsgenerators (16) übereinstimmende Resonanz-
frequenz aufweist, bei welcher die im Schwingkörper (162)
erzeugte Schwingung eine Mehrzahl in Umfangsrichtung
beabstandeter Schwingungsbäuche aufweist und daß ein
35 einem ersten Schwingungsbauch zugeordneter Ringabschnitt
(162a) mit dem Schwingungsgenerator (16) gekoppelt ist,

41

während ein zweiter einem anderen Schwingungsbauch zugeordneter Ringabschnitt (162d) mit dem Werkzeug (36; 80; 86; 96; 98; 106; 120; 134; 140; 148; 156,; 176) gekoppelt ist.

05

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwingkörper (162) die Form eines Ringes, einer Hülse oder einer Hohlkugel hat.

10

5. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Umlenkkopf (28) einen in einem Umlenkgehäuse (30) ausgebildeten Umlenkkanal (32) aufweist, in welchem ein Flüssigkeits- und/oder Gasvolumen eingeschlossen ist.

15

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Enden des Umlenkkanal (32) durch jeweils eine Membran (33, 34) oder einen bewegliche Stempel strömungsmitteldicht verschlossen sind.

20

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Membranen (33, 34) bzw. die Stempel senkrecht auf der Längsachse des Schwingungsgenerators (16) bzw. der Achse des Werkzeuges (30) stehen.

25

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Membranen (33, 34), die vorzugsweise aus einem Metall oder einer Metall-Legierung hergestellt sind, vom mit dem Umlenkgehäuse (30) verbundenen Rand zur Mitte hin abnimmt.

30

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5-8, dadurch gekennzeichnet, daß das im Umlenkkanal (32) befindliche Flüssigkeitsvolumen (35) zumindest unter Ultraschalleinwirkung niedere Viskosität aufweist.

35

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Flüssigkeitsvolumen (35) aus Quecksilber, Wasser, Alkohol oder Alkohol/Wasser-Mischungen oder Silikonölen oder verflüssigten Nickellegierungen besteht.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-10, dadurch gekennzeichnet, daß der zwischen der Längsachse (H) des Schwingungsgenerators (16) und der Achse (W) des Werkzeuges (36; 80; 86; 96; 98; 106; 120; 134; 140; 148; 156; 176) eingeschlossene Winkel zwischen etwa 60° und 120° beträgt.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkel zwischen der Längsachse (H) des Schwingungsgenerators (16) und der Längsachse (W) des Werkzeuges (36; 80; 86; 96; 98; 106; 120; 134; 140; 148; 156; 176) 90° beträgt.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-12, dadurch gekennzeichnet, daß das Gesamtsystem, welches durch den Schwingungsgenerator (16), den Umlenkkopf (28) und das Werkzeug (36; 80; 86; 96; 98; 106; 120; 134; 140; 148; 156; 176) gebildet ist, in Resonanzfrequenz oszilliert.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-13, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug (80; 86; 156; 176) die Negativform eines Form-Füllkörpers (88; 92; 176) darstellt, der aus Gewebeersatzmaterial, z.B. Zahnersatzmaterial, hergestellt ist, und das Werkzeug (80; 86; 156; 176) und der Umlenkkopf (28) so ausgebildet sind, daß das Werkzeug (80; 86; 156; 176) unter Oszillation wenigstens teilweise in das zu bearbeitende Material eingesenkt werden kann.

43

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, gekennzeichnet durch einen Satz unterschiedlicher Werkzeuge (80; 86; 156; 176) welche für unterschiedliche Zahngrößen und/ oder unterschiedliche Mindespräparationstiefen, die z.B.
- 05 spezifisch für das verwendete Restaurationsmaterial sind, ausgelegt sind und Negativformen entsprechend unterschiedlicher Form-Füllkörper (88; 92; 176) darstellen.
16. Vorrichtung nach Anspruch 15, gekennzeichnet durch
- 10 einen Satz an Form-Füllkörpern (88; 92; 176), der in gleichen Formen und Größenabstufungen vorliegt wie die Werkzeuge (80; 86; 156; 176) die zur Kavitätenpräparation verwendet werden.
- 15 17. Vorrichtung nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Form-Füllkörper (88; 92; 176) aus Keramikmaterial oder Polymer-Kompositmaterial oder einem Metall, z. B. Titan, bestehen und ihre Oberflächen zumindest teilweise mit Befestigungsmaterialien,
- 20 insbesondere Polymeradhäsiven oder Zementen benetzt oder form- oder kraftschlüssig, verbunden sind.
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-13, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug (140) ein Arbeits-
- 25 teil (144) umfaßt, welches aus einem Material besteht, das sich unter Ultraschalleinwirkung erhitzt.
19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß sich das Arbeitsteil (144) des Werkzeuges
- 30 (140) durch Reibungswärme erhitzt, insbesondere innere Reibungswärme, wozu das Arbeitsteil vorzugsweise aus mehreren unterschiedlichen Materialschichten besteht.
20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-19, gekennzeichnet durch wenigstens eine Einrichtung (46, 50,
- 35 52; 164, 166, 168) zum Zuführen von abrasivem Behandlungs-

medium (48; 170) zum Werkzeug (36; 80; 86; 98; 106; 120; 134; 148; 156; 176), wobei vorzugsweise das abrasive Behandlungsmedium (48; 170) kleine abrasive Versiegelungspartikel (60) mit einem mittleren Teilchendurchmesser von
05 weniger als $5\mu\text{m}$ enthält.

21. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die abrasiven Versiegelungspartikel (60) eine mittlere Teilchengröße um etwa $1\mu\text{m}$ aufweisen.
10

22. Vorrichtung nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, daß unter den abrasiven Partikel Versiegelungspartikel (60) sind, die aus oxidischen und/oder silikatischen und/oder karbidischen und/oder nitridischen und/oder polymerhaltigen Materialien bestehen und
15 die Oberfläche der Versiegelungspartikel zumindest teilweise mit Silanen und/oder Polymeren einen wenigstens teilweise chemischen Verbund eingehen kann und/oder wenigstens teilweise unter Einwirkung wenigstens teilweise säurehaltiger gelierender Fugen-Füllmaterialien,
20 insbesondere durch Lichteinwirkung- oder chemisch härtender Glasionomermemente oder Kompomere, in ein sich bildendes Gel mit einbezogen wird, wobei vorzugsweise ein Volumenanteil Versiegelungspartikel auf 2 bis 20, vorzugsweise
25 etwa 10 Volumenteile Abrasivpartikel eingesetzt wird.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20-22, dadurch gekennzeichnet, daß das Behandlungsmedium (130) die Form wenigstens eines Gels hat.
30

24. Vorrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß das Behandlungsmedium (130) eine etwa durch Zugabe von Aerosil oder gelierenden Trägersubstanzen, z.B. Gelatine, veränderte Viskosität aufweist und daß sich
35 das gelförmige Behandlungsmedium unter Ultraschalleinwirkung wenigstens teilweise verflüssigt.

25. Vorrichtung nach Anspruch 23 oder 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Basiskomponente des Behandlungsmediums (130) Glyceringel oder etwa 1-10%iges Chlorhexidingel oder Gelatine ist.

26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14-25, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug und ein in eine Gewebekavität einzusetzender Form-Füllkörper gemeinsam durch einen aus gewebeverträglichem hartem Material hergestellten Form-Füllkörper (156; 176) gebildet sind.

27. Vorrichtung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß der Form-Füllkörper (156; 176) aus oxidkeramischen oder nichtoxidkeramischen Werkstoffen oder aus metallischem Material, z. B. Titan, besteht.

28. Vorrichtung nach Anspruch 26 oder 27, dadurch gekennzeichnet, daß der Form-Füllkörper (176) ein mit dem treibenden Ausgangsteil (34; 162d) des Umlenkkopfes (28) verbindbares Befestigungsteil (178) aufweist, welches über eine Sollbruchstelle (180) mit dem in die Gewebekavität einzusetzenden Abschnitt des Form-Füllkörpers (176) verbunden, z. B. verschraubt, verklemmt oder verlötet ist.

29. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20-28, dadurch gekennzeichnet, daß das Behandlungsmedium (48; 170) Abrasivpartikel (56) enthält, deren Durchmesser vorzugsweise etwa dem Gesamthub der Ultraschall-Schwingung des Werkzeuges (36; 80; 86; 98; 106; 120; 134; 148; 156; 176) entspricht, wobei vorzugsweise ein Volumenteil Abrasivpartikel auf 3 bis 50, wiederum vorzugsweise auf 5 bis 20 und nochmals vorzugsweise etwa 10 Volumenteile Flüssigkeit eingesetzt wird.

46

30. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß die abrasiven Partikel (56, 58, 60) eine hydrophile Oberfläche oder eine hydrophile Oberflächenbeschichtung aufweisen.
- 05 31. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20-30, gekennzeichnet durch eine weitere Einrichtung (46, 50, 52) zum Zuführen von Behandlungsmedium (48) zur Außenseite des Werkzeuges (36; 80; 86; 98; 106; 120; 134; 148; 156; 10 176).
32. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-31, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug (36; 80; 86; 96; 106; 120; 134; 148; 156) wenigstens partiell hohl ist und 15 mit einer Einrichtung (164, 166, 168) zum Zuführen von abrasivem Behandlungsmedium (170) verbunden ist.
33. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-32, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug (96) wenigstens 20 einen balligen Vibratorkopf aufweist.
34. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-32, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug (86; 98; 120; 138; 176) einen gekrümmten transversalen Querschnitt aufweist. 25
35. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-32, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug (120) ein rinnenförmiges oder schaufelförmiges Arbeitsteil (124) aufweist.
- 30 36. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-32, dadurch gekennzeichnet, daß die freie Stirnfläche (100: 108) des Werkzeuges (98; 106) einen zur Werkzeuglängsachse schräg verlaufenden oder im Sinne einer Hohlkehle gekrümmten Abschnitt aufweist.
- 35 37. Vorrichtung nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet

47

net, daß die freie Stirnfläche (108) des Werkzeuges (106) einen senkrecht zur Werkzeuglängsachse verlaufenden Abschnitt aufweist.

- 05 38. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-32, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug (134) einen Stiel (136) und ein an dessen freiem Ende angebrachtes transversales Arbeitsteil (138) aufweist.
- 10 39. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-32, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug (148) eine Meißelspitze (154) aufweist.
- 15 40. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-32, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug (156) eine der Geometrie eines Zahnwurzelkanales (158) entsprechende Geometrie hat.
- 20 41. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-40, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug einen bezogen auf seine Längsachse transversal schwingenden Endabschnitt aufweist.
- 25 42. Verfahren zur Ultraschallpräparation von menschlichem oder tierischem Hart- oder Weichgewebe sowie von Zahn- oder Knochenersatzmaterialien, dadurch gekennzeichnet, daß eine Präparationsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1-13 und/oder ein Werkzeug nach einem der Ansprüche 14, 15 oder 33-41 und/oder ein Behandlungs-
30 medium nach einem der Ansprüche 20-25 oder 29 verwendet wird.
- 35 43. Substrateinlagerung in Dentinoberflächen bzw. Dentinoberflächenrandzonen wenigstens teilweise erhalten durch Präparation mit einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-41 oder nach dem Verfahren nach

Anspruch 42.

44. Verbundsubstrate zwischen in Dentinkanälchen ver-
teilten Versiegelungspartikeln (60) und plastischen
05 Füllungsmaterialien wenigstens teilweise erhalten durch
chemische Wechselwirkungen zwischen der Partikeloberfläche
und dem Füllungsmaterial.
45. Kavitäten erhalten unter Verwendung einer Präpara-
10 tionsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1-41
oder unter Verwendung eines das Werkzeug umspülenden
Behandlungsmediums nach einem der Ansprüche 20-25 oder
29 oder erhalten nach dem Verfahren nach Anspruch 42.
- 15 46. Kavitäten nach Anspruch 45, erhalten durch paral-
lel versetztes Einsenken wenigstens zweier unter-
schiedlicher Formwerkzeuge (86; 96).
47. Bearbeitungsoberflächen erhalten unter Verwendung
20 einer Präparationsvorrichtung nach einem der An-
sprüche 1-41 und/oder von Werkzeugen nach einem der
Ansprüche 14, 15 und 32-41 und/oder einem das Werkzeug
umspülenden Behandlungsmedium nach einem der Ansprüche
20-25 oder 29.
- 25 48. Bearbeitungsoberflächen erhalten unter Verwendung
wenigstens eines Formwerkzeuges nach Anspruch
14, 15 oder 32-41, wobei das Formwerkzeug während der
Bearbeitung bezüglich der Werkzeuglängsachse wenigstens
30 teilweise lateral verschoben wird.
49. Verfahren zur Bearbeitung von Weichgeweben unter
Verwendung einer Vorrichtung nach Anspruch 18
oder 19.

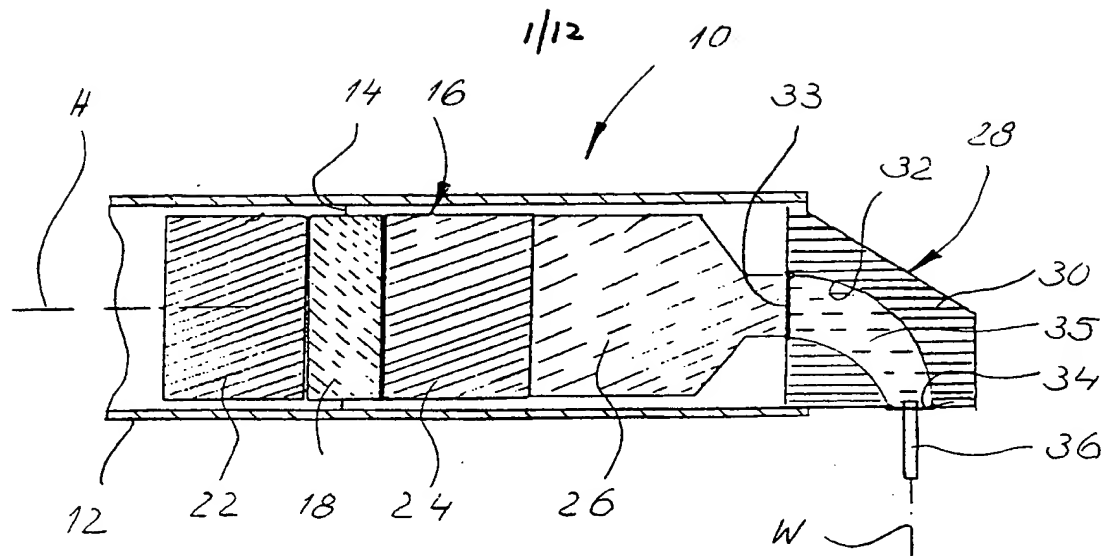


Fig. 1

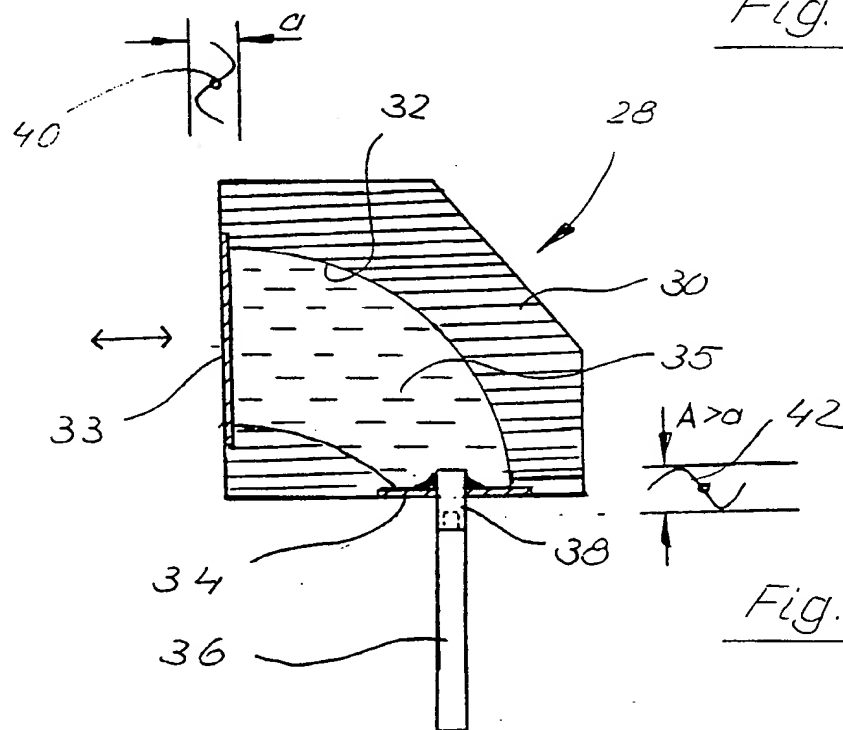
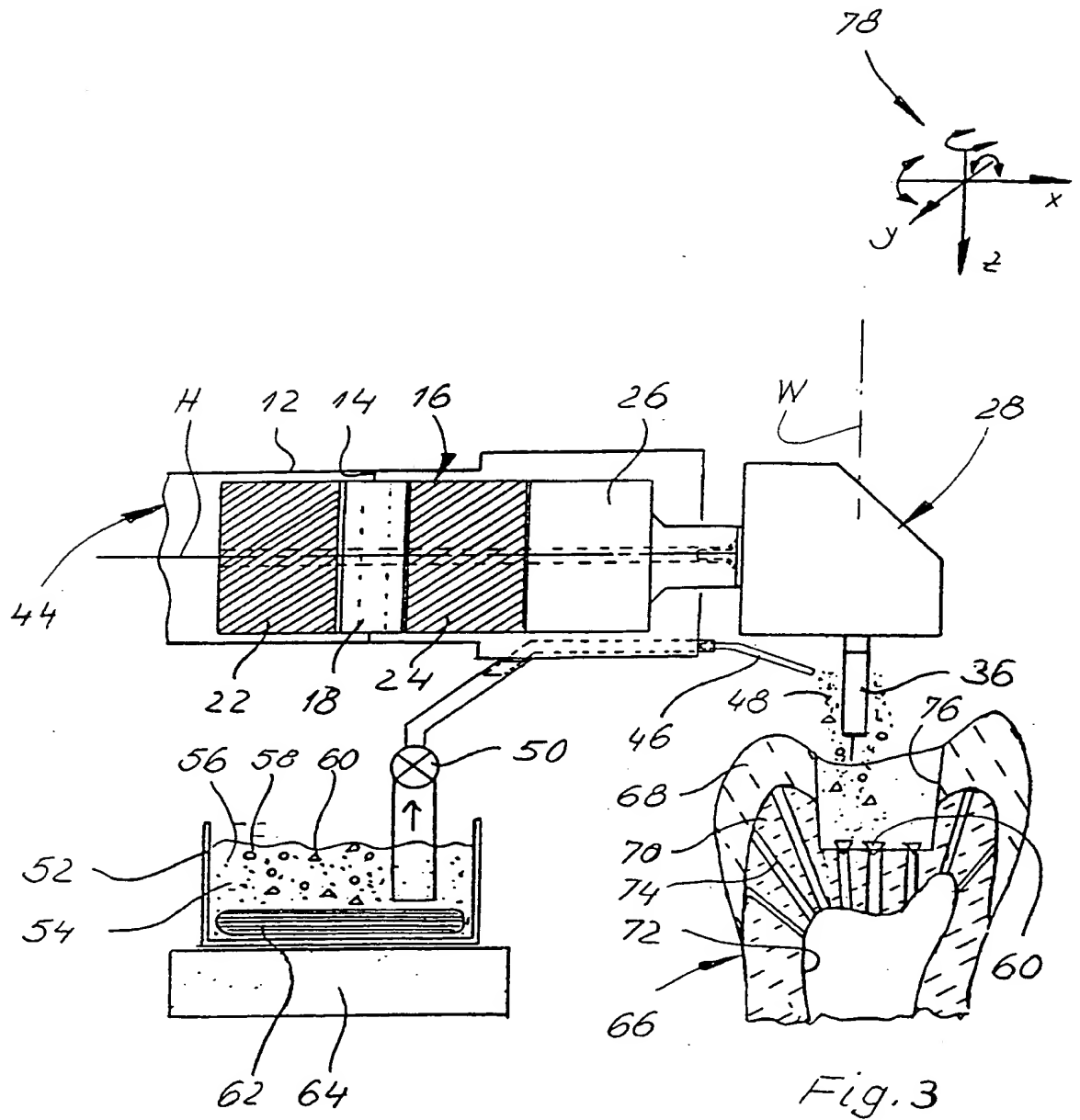
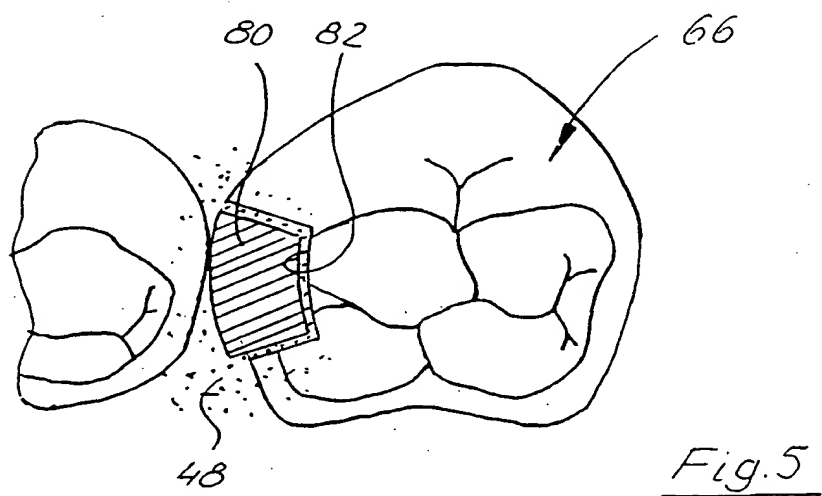
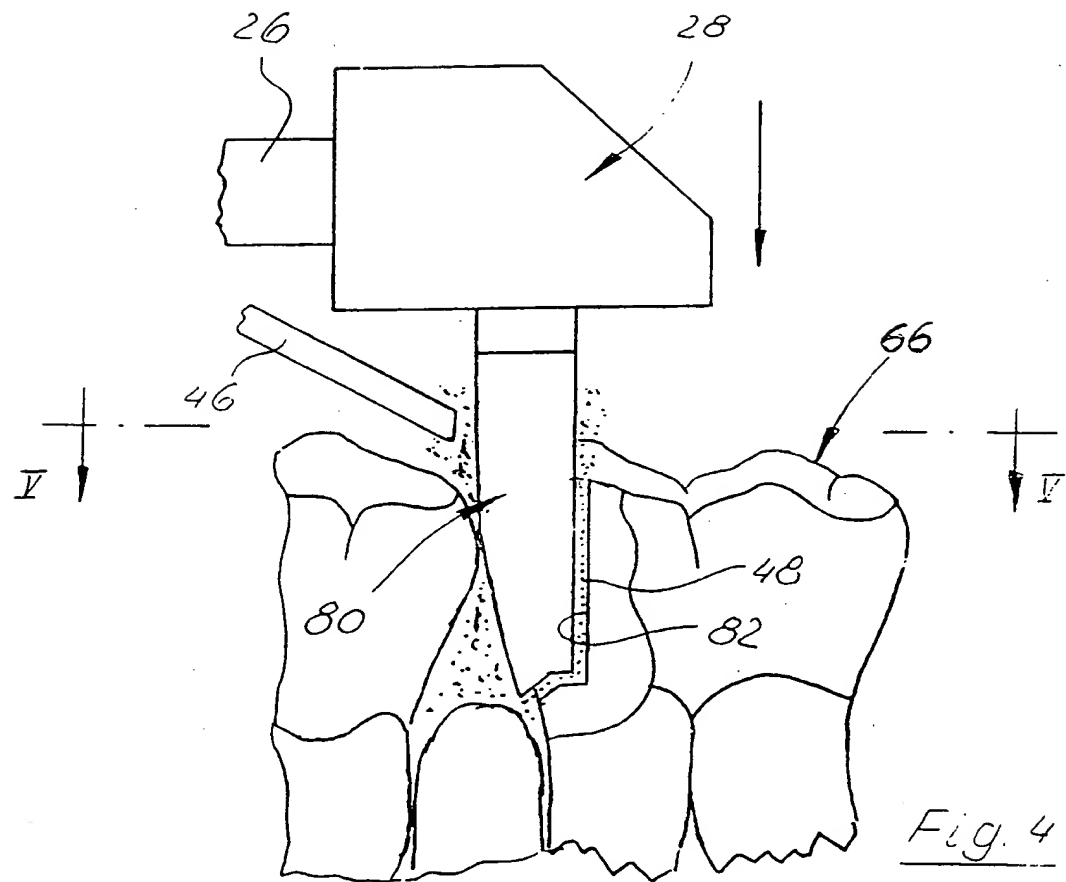


Fig. 2

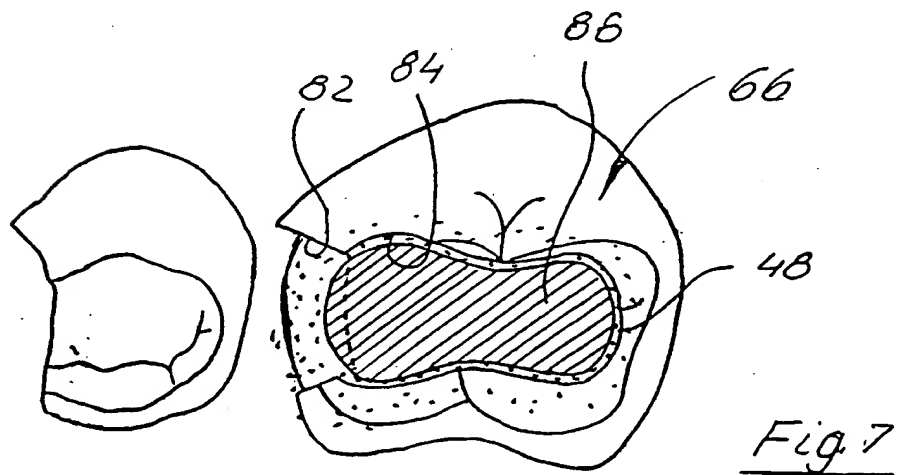
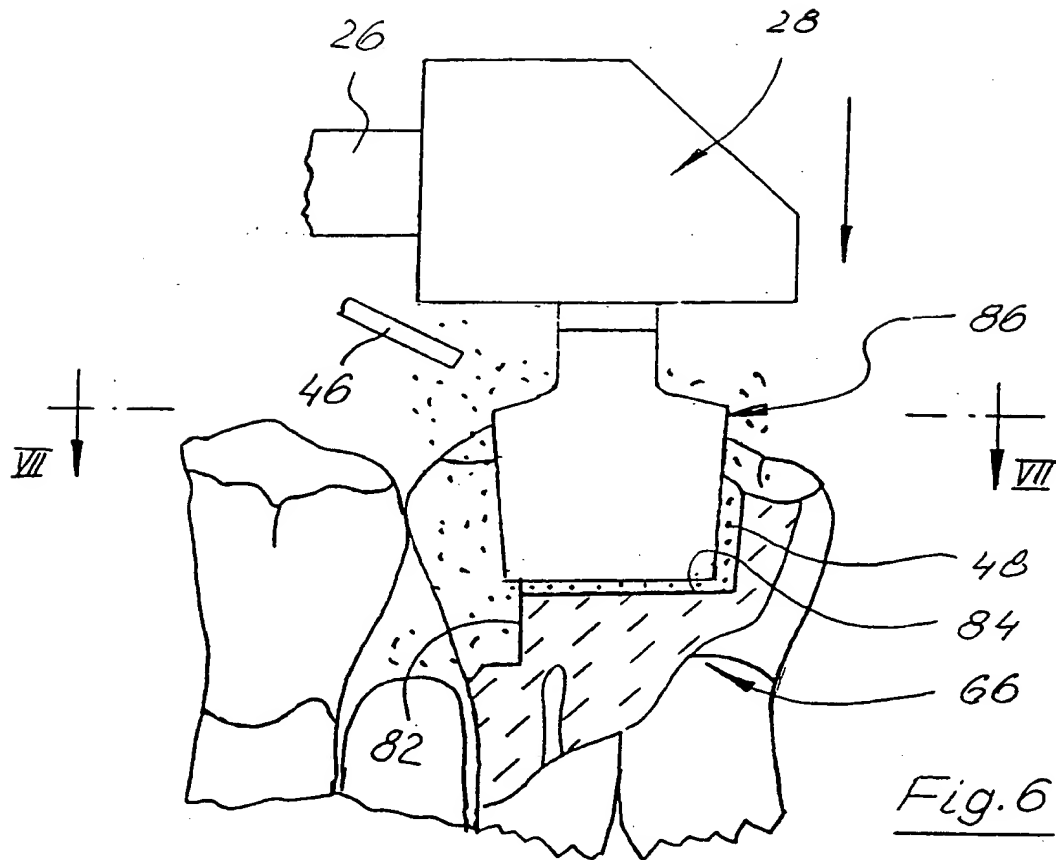
2/12

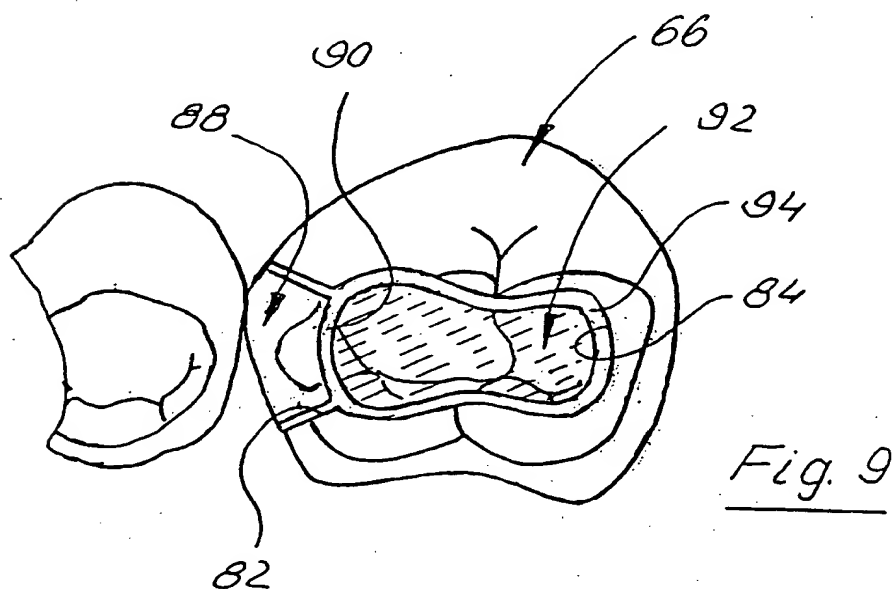
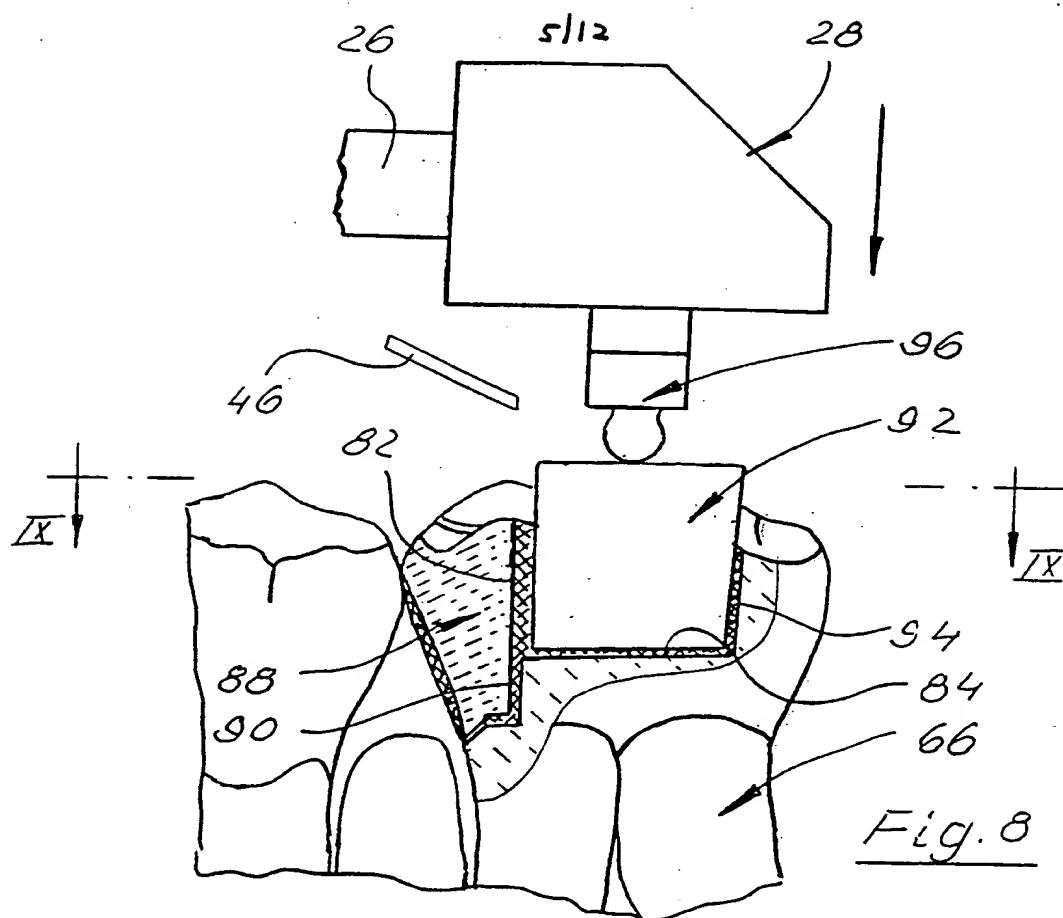


3/12

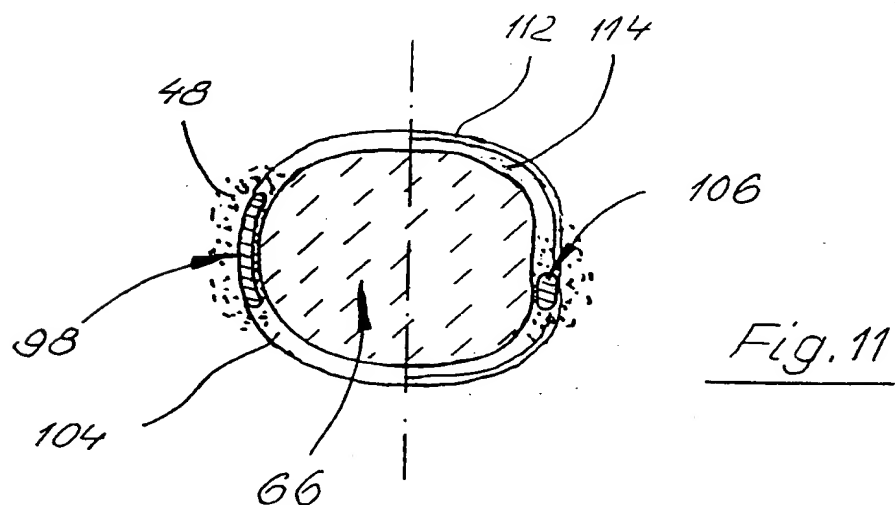
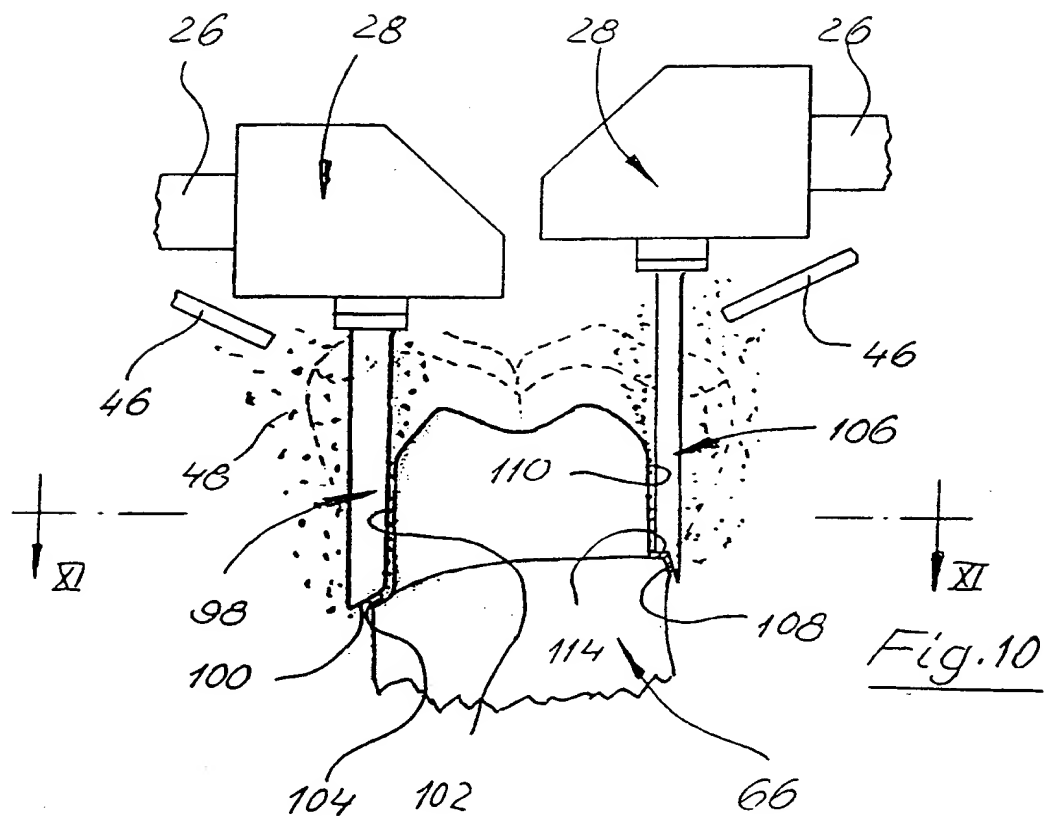


4/12

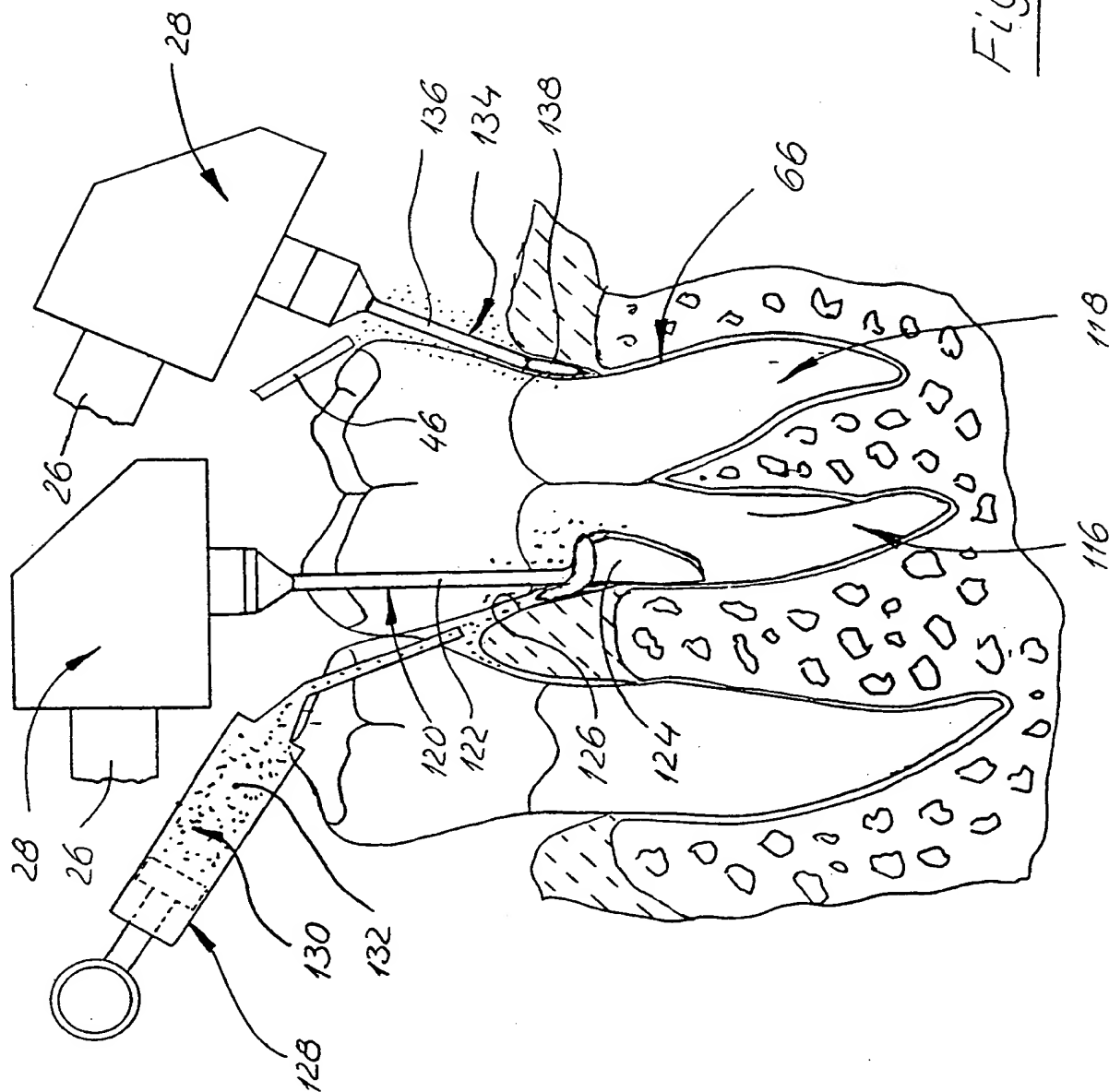




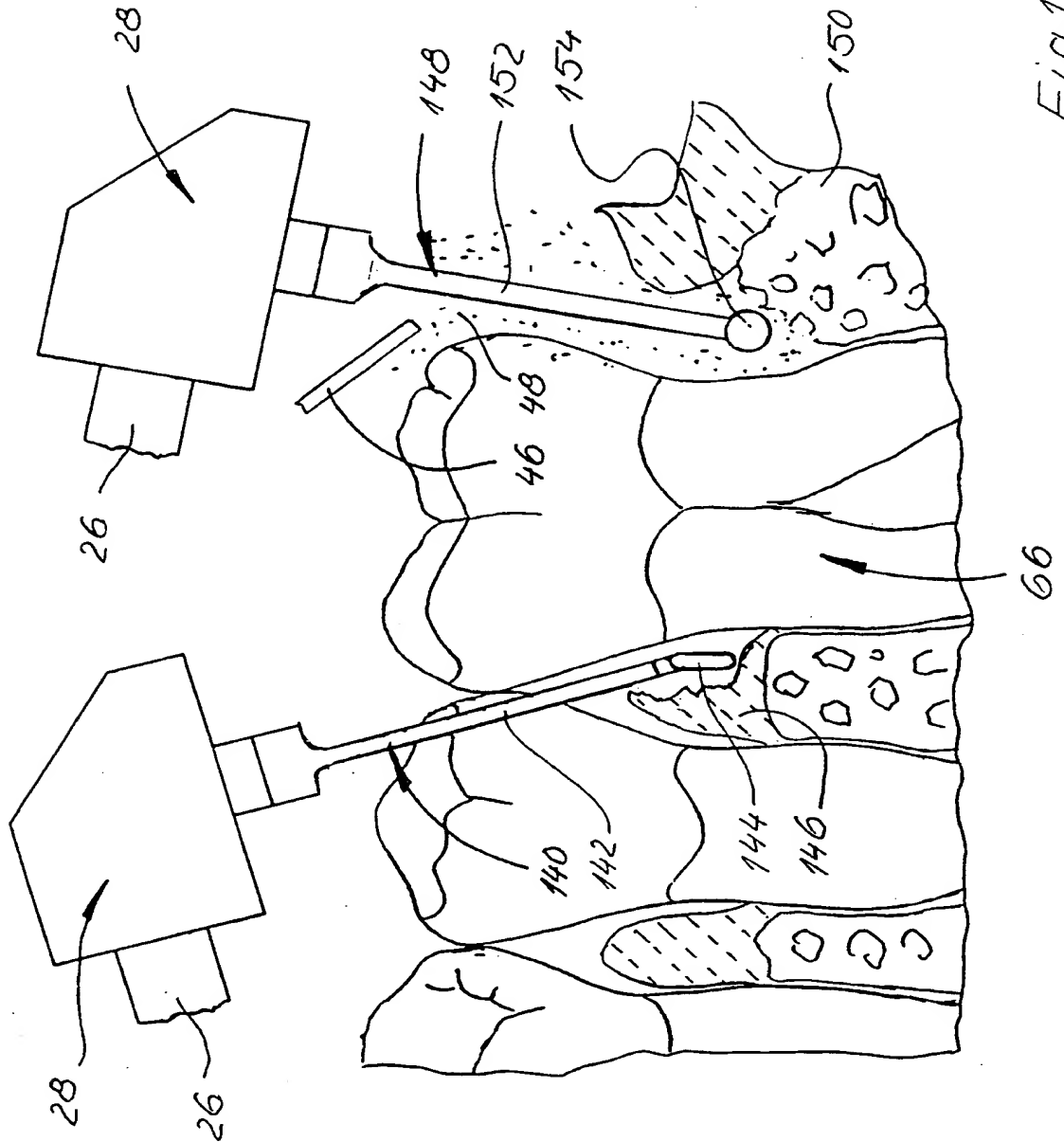
6/12

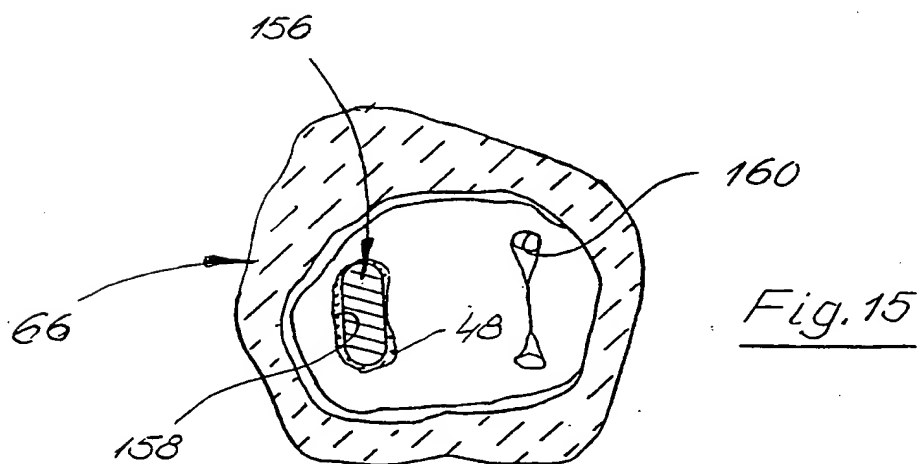
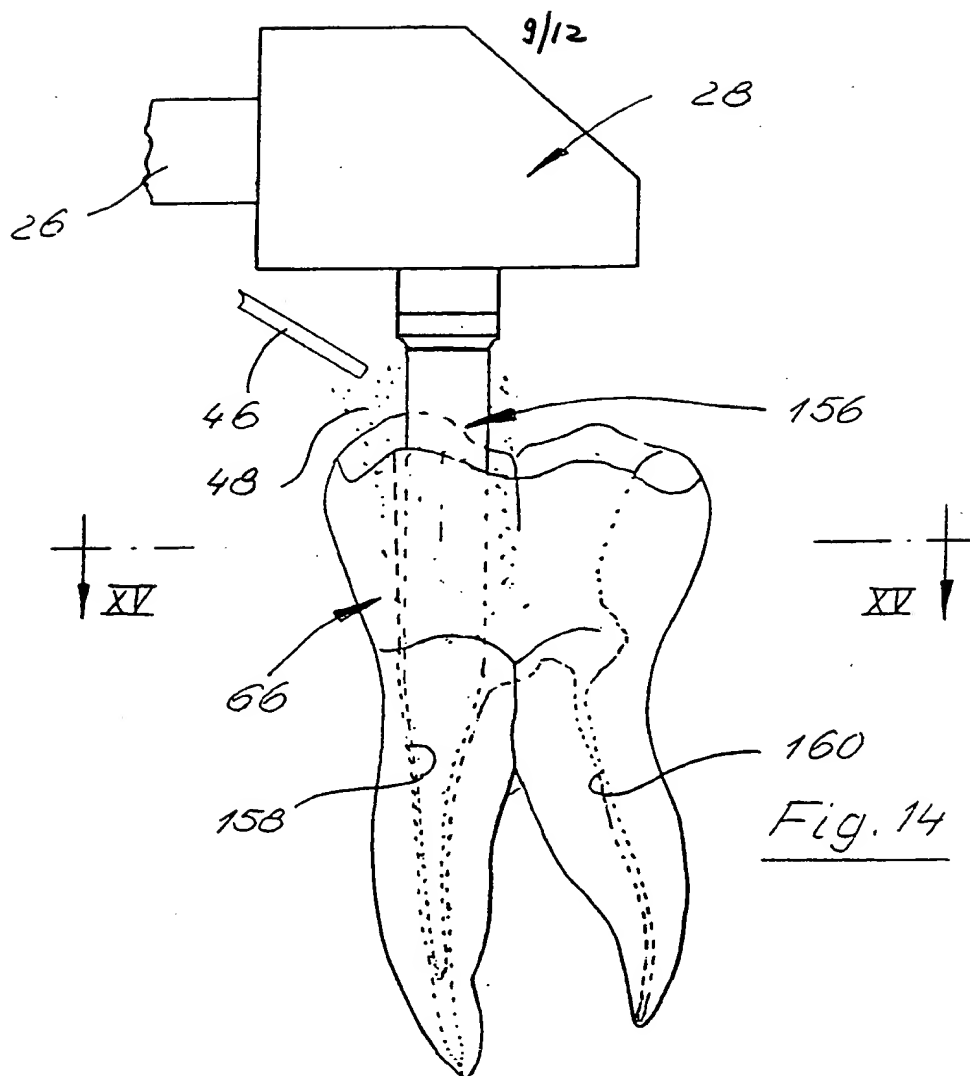


7/12

Fig. 12

8/12





10/12

